

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038187**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.07.21

(51) Int. Cl. **G01N 27/83 (2006.01)**
B65G 47/31 (2006.01)

(21) Номер заявки
202090499

(22) Дата подачи заявки
2018.09.11

(54) **СПОСОБ ИНСПЕКЦИИ ТРУБ**

(31) **15/702,389**

(32) **2017.09.12**

(33) **US**

(43) **2020.07.31**

(86) **PCT/EP2018/074456**

(87) **WO 2019/053005 2019.03.21**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТЕНАРИС КОННЕКШНС Б.В. (NL)

(72) Изобретатель:
**Николини Альберто, Этчеверри
Хавьер (IT), Нуньес Фернандо (AR)**

(74) Представитель:
**Микуцкая Т.Ю., Файбисович А.С.
(RU)**

(56) **CN-A-104777220**
JP-A-H0921787
US-A1-2004112713
CN-A-103995049
US-A1-2011257903
DE-A1-102013209774
DE-A1-102012202800

(57) Настоящее изобретение относится к способу инспекции труб, в котором обеспечивают первую трубу, имеющую первый передний конец и первый задний конец, вторую трубу, имеющую второй передний конец и второй задний конец, стыкуют, по меньшей мере, часть второго переднего конца с, по меньшей мере, частью первого заднего конца для создания зоны стыка труб, содержащей часть первой трубы, отмеренную от первого заднего конца в продольном направлении, и часть второй трубы, отмеренную от второго переднего конца в продольном направлении, перемещают первую и вторую трубы мимо инспекционного прибора, проводят инспекцию инспекционным прибором первой части зоны стыка труб и второй части зоны стыка труб и предоставляют данные о дефектах, описывающие дефекты, обнаруженные на первой части и на второй части.

B1

038187

038187

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение в целом относится к неразрушающему контролю участков труб и, в частности, к электромагнитной инспекции зон стыка прилегающих участков труб.

Предшествующий уровень техники

Для анализа дефектов в трубах различного размера применяют электромагнитный вид контроля. Такой вид контроля используют для инспекции в процессе изготовления (например, контроль качества) и/или во время приемки изделий компанией или потребителем (например, входная инспекция). Этот вид проверки имеет относительно высокую чувствительность, может быть автоматизирован, позволяет выполнять автоматическую классификацию инспектируемой трубы (например, принято/отбраковано, пройдено/не пройдено, хорошая/плохая) и повысить пропускную способность.

Электромагнитный контроль позволяет выполнять инспекцию стенок трубы для обнаружения и локализации как внутренних, так и внешних дефектов путем контакта электромагнитных зондов с проверяемым объектом. Этот контроль стандартизирован во многих странах и требования к такому контролю описаны стандартами Американского института нефти (API) (США), Института стандартизации ФРГ (DIN) (Германия) и Государственного стандарта (ГОСТ) (Россия). Основные стандартные параметры описаны международным стандартом ISO 9402.

Ряд компаний производит различные инструменты, применимые для осуществления электромагнитного контроля, такие как дефектоскопы "Rotomat/Transomat" производства Dr. Foerster Institute, Германия, дефектоскоп "Amalog/Sonoscope" производства компании Tuboscope/National Oilwell Varco, США, и дефектоскоп ВМД-30Н производства "НИИИИИ МНПО "Спектр", Россия, и другие.

Сущность изобретения

В целом, настоящее изобретение описывает неразрушающий контроль участков труб и, в частности, электромагнитную инспекцию зон стыка прилегающих участков труб.

В первом аспекте способ инспекции труб предусматривает наличие первого участка трубы, имеющего первое тело трубы, первый передний конец и первый задний конец, наличие второго участка трубы, имеющего второе тело трубы, второй передний конец и второй задний конец, соединение встык по меньшей мере части второго переднего конца с по меньшей мере частью первого заднего конца для создания зоны стыка, содержащей часть первого участка трубы, отмеренную на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении от первого заднего конца, и часть второго участка трубы, отмеренную на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении от второго переднего конца, перемещение первого участка трубы и второго участка трубы в продольном направлении с первой скоростью относительно инспекционного прибора, выполненного с возможностью осуществлять электромагнитную инспекцию, обследование инспекционным прибором при перемещении первого участка трубы и второго участка трубы относительно инспекционного прибора первой части зоны стыка труб и второй части зоны стыка труб, и предоставление, на основании проведенной инспекции, данных о дефектах, описывающих дефекты, обнаруженные инспекционным прибором на первой части и/или второй части зоны стыка труб.

Различные варианты осуществления изобретения включают в себя некоторые следующие признаки, все следующие признаки или не включают в себя никакие из следующих признаков. Соединение встык второго переднего конца с первым задним концом для образования зоны стыка может подразумевать перемещение первого участка трубы в продольном направлении с первой скоростью, перемещение второго участка трубы в продольном направлении со второй скоростью, которая больше первой скорости, контактирование второго переднего конца с первым задним концом для образования зоны стыка, и перемещение первого участка трубы и второго участка трубы в продольном направлении таким образом, чтобы сохранять контакт между первым задним концом и вторым передним концом. Способ может подразумевать перемещение, после инспекции зоны стыка, первого участка трубы в продольном направлении с третьей скоростью, которая больше второй скорости. Способ может подразумевать наличие третьего участка трубы, содержащего третье тело трубы, третий передний конец и третий задний конец, соединение встык по меньшей мере части третьего переднего конца с по меньшей мере частью второго заднего конца для создания второй зоны стыка, содержащей часть второго участка трубы, отмеренную на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении от второго заднего конца, и часть третьего участка трубы, отмеренную на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении от третьего переднего конца, перемещение второго участка трубы и третьего участка трубы в продольном направлении с первой скоростью относительно инспекционного прибора, обследование инспекционным прибором при перемещении второго участка трубы и третьего участка трубы относительно инспекционного прибора второй зоны стыка и предоставление, на основании проведенной инспекции, данных о дефектах, описывающих дефекты, обнаруженные инспекционным прибором на второй зоне стыка труб. Способ может подразумевать обследование инспекционным прибором при перемещении первого участка трубы относительно инспекционного прибора части первого тела трубы, а также обследование инспекционным прибором при перемещении второго участка трубы относительно инспекционного прибора части второго тела трубы. Инспекция может включать в себя создание магнитного поля проксимально к осевому сечению трубы, обнаружение взаимодействия магнитного поля с осевым сечением трубы и обнаружение отклонений во взаимодействии на осевом сечении трубы. Способ может подразумевать определение, что

отклонение превышает заранее определенное предельное значение дефекта, идентификацию первого участка трубы или второго участка трубы как имеющего осевое сечение трубы, которое вызвало это отклонение, в качестве дефектного участка трубы, и выделение дефектного участка трубы из других участков трубы, не идентифицированных как дефектные участки трубы, причем указанное осевое сечение трубы расположено на расстоянии менее 300 мм от первого заднего конца или второго переднего конца. Способ может включать в себя определение, что отклонение превышает заранее определенное предельное значение дефекта, получение информации о положении первого участка трубы и/или второго участка трубы, идентификацию первого участка трубы или второго участка трубы как имеющего осевое сечение трубы, вызвавшее отклонение, в качестве дефектного участка трубы, и идентификацию, на основании указанной информации о положении, установленного положения указанного осевого сечения трубы вдоль дефектного участка трубы, и предоставление информации о дефекте, которая идентифицирует дефектный участок трубы и установленное положение указанного осевого сечения трубы, где отклонение превысило заранее определенное предельное значение дефекта, причем указанное установленное положение находится в зоне стыка первого участка трубы и второго участка трубы. Способ также может включать в себя получение информации о положении первого участка трубы и второго участка трубы, определение, что отклонение превышает заранее определенное предельное значение для стыка, идентификацию, на основании информации о положении, указанного установленного положения осевого сечения трубы, где отклонение превысило заранее определенное предельное значение для стыка, предоставление указанного установленного положения в качестве первой информации о положении, характеризующей положение первого заднего конца, и предоставление указанного установленного положения в качестве второй информации о положении, характеризующей положение второго переднего конца. Способ также может включать в себя получение контроллером первой информации о положении или второй информации о положении, а также управление процессом с помощью контроллера и после инспекции зоны стыка труб, на основании по меньшей мере первой информации о положении или второй информации о положении. Процесс может представлять собой один из следующих процессов: процесс управления движением, процесс электромагнитной дефектоскопии в продольном направлении, процесс ультразвуковой инспекции толщины стенки трубы, процесс дефектоскопии в поперечном направлении или процесс инспекции с помощью машинного зрения. Обследование первой части зоны стыка труб может включать в себя инспекцию части первого участка трубы, отмеренной от первого заднего конца на продольное расстояние от 3 до 300 мм в продольном направлении, а обследование второй части зоны стыка включает в себя инспекцию части второго участка трубы, отмеренной от второго переднего конца на продольное расстояние от 3 до 300 мм в продольном направлении.

Во втором аспекте компьютерная программа, сохраненная на машиночитаемом накопительном устройстве, содержит инструкции, выполнение которых компьютерной системой позволяет компьютерной системе выполнять операции электромагнитной инспекции на первом участке трубы, имеющем первое тело трубы, первый передний конец и первый задний конец, и на втором участке трубы, находящемся в, по меньшей мере, частичном стыке со вторым телом трубы, имеющим второй передний конец и второй задний конец, при этом указанные операции инспекции предполагают получение сигналов о дефектах труб от электромагнитного трубного инспекционного прибора, получение сигналов о положении труб от прибора определения местоположения труб, обнаружение положения дефекта трубы в зоне стыка, содержащей часть первого участка трубы, отмеренную от первого заднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, и часть второго участка трубы, отмеренную от второго переднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, на основании полученных сигналов о дефектах трубы, полученных сигналов о положении труб и заранее определенного предельного значения дефектов трубы; идентификацию дефектного участка трубы на основании местоположения дефекта трубы, а также предоставление идентификатора дефектного участка трубы.

Различные варианты осуществления изобретения могут включать в себя некоторые следующие признаки, все следующие признаки или не включают в себя никакие из следующих признаков. Описанные операции могут предусматривать обнаружение места стыка труб на основании полученных сигналов о дефектах труб, полученных сигналов о положении труб и заранее определенного предельного значения для стыка труб, отличного от заранее определенного предельного значения дефекта трубы, и обеспечение сигнала о положении конца трубы на основании места стыка труб, характеризующего место стыка между передним концом участка трубы и задним концом участка трубы. Описанные операции могут предусматривать выдачу сигнала управления конвейером, который запускает работу первого участка конвейера для перемещения труб с первой скоростью, и выдачу сигнала конвейера, который запускает работу второго участка конвейера для перемещения труб, эксплуатационно расположенного ниже по потоку от первого участка конвейера для перемещения труб, со второй скоростью, которая меньше, чем первая скорость, причем трубный инспекционный прибор расположен вдоль второго участка конвейера для перемещения труб. Описанные операции могут включать в себя определение, на основании сигналов о положении труб, что первый участок трубы на первом участке конвейера для перемещения труб пристыкован ко второму участку трубы на втором участке конвейера для перемещения труб, и выдачу второго сигнала управления конвейером, который запускает работу первого участка конвейера для переме-

шения труб приблизительно со второй скоростью. Обнаружение положения дефекта труб на основании полученных сигналов о дефекте труб, полученных сигналов о положении труб и заранее определенного предельного значения дефекта может включать в себя получение информации о положении первого участка трубы, имеющего задний конец, и/или второго участка трубы, имеющего передний конец, пристыкованный к указанному заднему концу в продольном направлении, и определение, что отклонение сигналов о дефекте трубы превышает заранее определенное предельное значение дефекта трубы, причем это отклонение обнаружено на расстоянии менее 300 мм от первого заднего конца или второго переднего конца, и при этом идентификация дефектного участка трубы на основании информации о положении дефекта трубы дополнительно включает в себя идентификацию первого участка трубы или второго участка трубы как участка, вызвавшего отклонение. Обнаружение места стыка труб может включать в себя получение информации о положении первого участка трубы, имеющего задний конец, и/или второго участка трубы, имеющего передний конец, в продольном направлении, по меньшей мере, частично пристыкованный к указанному заднему концу, определение, что отклонение сигналов о дефектах труб превышает заранее определенное предельное значение для стыка труб, причем отклонение обнаружено на расстоянии менее чем приблизительно 3 мм от первого заднего конца или второго переднего конца, и идентификацию, на основании информации о положении, установленного положения, где указанное отклонение превысило заранее определенное предельное значение для стыка, причем выдача сигнала о положении конца трубы дополнительно включает в себя выдачу установленного положения как положения конца трубы.

В третьем аспекте система для инспекции труб включает в себя электромагнитный трубный инспекционный прибор, устройство определения положения труб и контроллер, имеющий входной порт для сигналов о дефектах, выполненный с возможностью получения сигналов о дефектах труб от трубного инспекционного прибора, входной порт для информации о положении, выполненный с возможностью получения сигналов о положении труб от устройства определения положения труб, и процессор, выполненный с возможностью выявления местоположения дефекта труб на основании сигналов о дефектах труб, сигналов о положении труб и заранее определенного предельного значения дефекта труб, и выдачи местоположения дефекта труб в виде сигнала о местоположении дефекта труб на первом выходном порте, при этом сигнал о местоположении дефекта труб идентифицирует участки труб, имеющие дефекты, причем местоположение дефекта труб находится в пределах зоны стыка, содержащей часть первого участка трубы, отмеренную от первого заднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, и участок второй трубы, отмеренный от второго переднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении и, по меньшей мере, частично пристыкованный к первому заднему концу.

Различные варианты осуществления изобретения могут включать в себя некоторые следующие признаки, все следующие признаки или не включать в себя никакие из следующих признаков. Процессор может быть выполнен с возможностью обнаружения положения стыка труб на основании сигналов о дефектах труб, сигналов о положении труб и заранее определенного предельного значения для стыка труб, и выдачи сигнала о положении конца трубы на втором выходном порте, при этом сигнал о положении конца трубы идентифицирует местоположение переднего конца участка трубы и/или заднего конца участка трубы. Система может включать в себя конвейер, выполненный с возможностью перемещения участков труб в продольном направлении, содержащий первый мотор, выполненный с возможностью перемещения участков труб вдоль участка конвейера, расположенного выше по потоку, с первой скоростью, и второй мотор, выполненный с возможностью перемещения участков труб по участку конвейера, расположенному ниже по потоку, со второй скоростью, которая меньше, чем первая скорость. Первый мотор и/или второй мотор могут быть выполнены с возможностью перемещения участков труб на основании сигнала о скорости, полученного от выходного порта контроллера по управлению мотором, причем процессор может быть дополнительно выполнен с возможностью выдачи сигнала о скорости таким образом, чтобы вторая скорость была меньше первой скорости. Конвейер может включать в себя третий мотор, выполненный с возможностью перемещения участков труб вдоль выходного участка конвейера с третьей скоростью, которая больше, чем вторая скорость.

Описанные здесь системы и способы могут предоставлять одно или несколько следующих преимуществ. Во-первых, система может расширить возможности существующих устройств инспекции труб. Во-вторых, система может преобразовать процесс контроля отдельных изделий или партий в процесс, приближающийся к непрерывному. В-третьих, система может позволить увеличить срок службы устройств инспекции труб за счет уменьшения износа. В-четвертых, система может повысить эффективность процессов инспекции труб, позволяя автоматизировать процессы инспекции для обследования относительно больших по размеру частей участков труб, чем это делалось ранее.

Подробное описание одного или нескольких вариантов осуществления представлено на сопроводительных чертежах и в описании ниже. Прочие признаки и преимущества будут очевидны из описания и чертежей, а также из формулы изобретения.

Перечень фигур чертежей

Фиг. 1А представляет собой вид спереди примера системы инспекции труб предшествующего

уровня техники со слепыми зонами, проксимальными к концам инспектируемой трубы.

Фиг. 1В представляет собой схематичный вид сбоку примера магнитного потока в системе инспекции труб предшествующего уровня техники.

Фиг. 2А представляет собой вид спереди примера системы инспекции труб с состыкованными участками труб.

Фиг. 2В представляет собой схематичный вид сбоку примера магнитного потока в примере системы контроля труб с состыкованными участками труб.

Фиг. 3А-3Е представляют собой функциональные схемы примера системы инспекции труб и участков труб на разных этапах инспекции.

Фиг. 4 демонстрирует диаграмму примера профиля скорости участка трубы в системе инспекции труб.

Фиг. 5А и 5В представляют собой функциональные схемы примера системы инспекции труб и системы распределения труб после инспекции.

Фиг. 6 представляет собой блок-схему технологического процесса, показывающую пример процесса инспекции участков труб.

Фиг. 7 представляет собой схематическое изображение примера обобщенной компьютерной системы.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Настоящий документ описывает системы и способы выполнения неразрушающего контроля участков труб. Преимущественно, возможности существующих систем инспекции труб электромагнитного типа ограничены их способностью обследовать зоны вблизи концов отдельных участков труб. Как будет объяснено ниже, способность этих систем обследовать зоны вблизи концов труб может быть улучшена благодаря расположению двух или нескольких отдельных участков трубы таким образом, чтобы участки труб соприкасались торцами во время контроля.

Фиг. 1А представляет собой вид спереди примера трубной инспекционной системы 10 предшествующего уровня техники.

В трубной инспекционной системе 10 конвейер 20 перемещает первый участок трубы 30а и второй участок трубы 30b мимо инспекционного прибора 40 (например, устройства неразрушающего контроля магнитного типа). Инспекционный прибор 40 выполнен с возможностью инспекции осевого сечения 50 трубных участков 30а и 30b во время их движения через зону 52 инспекции. Участки труб, такие как участки 30а и 30b, имеют длину приблизительно от 6 до 15 м или более и диаметры в диапазоне приблизительно от 50 до 300 мм или, более конкретно, от 114 до 244 мм.

В некоторых вариантах осуществления инспекционный прибор 40 может выявлять внутренние и внешние дефекты на участках труб, используя принцип электромагнитного потока рассеяния (например, электромагнитная инспекция). С помощью регулируемого постоянного тока участок трубы 30а намагничивают по его продольной оси. Поперечные дефекты или неоднородности в участке трубы 30а генерируют электромагнитные потоки рассеяния. Сенсорный датчик 41 контактирует с трубой и индукционная катушка, смонтированная в сенсорный датчик 41, выявляет эти потоки. Сигналы, зафиксированные датчиком 41, обрабатывают и анализируют для определения типа дефекта.

В некоторых вариантах осуществления инспекционный прибор 40 может быть вращающимся устройством неразрушающего контроля, которое использует электромагнитные принципы для обнаружения присутствия продольных неоднородностей на участках труб. В таких вариантах осуществления также используют принцип потока рассеяния. Например, участок трубы 30а может быть намагничен перпендикулярно к своей оси переменным магнитным полем. Степень проникновения очень низкая, так как оно сконцентрировано по окружности трубы из-за поверхностного эффекта, при котором внешняя и внутренняя поверхности подвергаются магнитному насыщению. Такое намагничивание возникает без контакта с участком трубы 30а благодаря двум электромагнитам переменного поля, которые собраны вместе с электромагнитными катушками для обнаружения на ярме. Прибор установлен на поворотную головку и вращается вокруг трубы для проведения контроля. Неоднородности и дефекты на трубе создают поток рассеяния и этот поток может быть зафиксирован детектирующими электромагнитными катушками и преобразован в сигналы, которые обрабатывают и анализируют для идентификации характера дефекта.

Такие инспекционные приборы при использовании для инспекции участков труб имеют слепые зоны 60 (например, мертвые зоны) на концевых частях участков труб, где невозможно выполнить точную инспекцию труб. В некоторых случаях для инспекционных приборов, выполненных с возможностью инспекции участков труб длиной от 6 до 15 м или более и/или диаметром в диапазоне от приблизительно 50 до 300 мм, слепые зоны 60 могут иметь длину приблизительно от 300 до 500 мм на каждом конце участка трубы.

Явление слепых зон вызвано неспособностью оборудования обеспечить стабильное магнитное поле в зоне и правильный контакт датчиков с телом трубы. Фиг. 1В представляет собой схематичный вид сбоку примера магнитного потока в трубной инспекционной системе 10. В проиллюстрированном примере участок трубы 30а показан с концом 31, входящим в зону инспекции 52. В процессе инспекции проксимально к зоне инспекции 52 формируется магнитное поле 70а и металлическое содержание участка тру-

бы 30а взаимодействует с этим магнитным полем 70а. Однако конец 31 создает в магнитном поле 70а нестабильность, что может привести к ненадежности или невозможности использования показаний инспекционного прибора 40 рядом с концом 31, создавая слепую зону 60. В других примерах датчик(и) инспекционного прибора 40 могут быть открыты до того, как в зону инспекции войдет участок трубы 30а. Участок трубы 30а может входить в зону инспекции прибора с высокой скоростью, но когда датчик 41 вступает в контакт с поверхностью участка трубы, слепая зона 60 на переднем конце участка трубы уже прошла мимо датчика 41, и поэтому участок трубы в слепой зоне 60 не может быть обследован. В других примерах датчик 41 может быть изначально расположен слишком далеко для возможности контакта или приближения к участку трубы 30а (например, для предотвращения столкновения с передним концом участка трубы 30а в продольном направлении), а затем вступать в контакт или приближаться к участку трубы 30а после прохождения переднего конца. Однако для переустановки зонда 41 необходимо некоторое время, что позволяет некоторой длине участка трубы 30а совершить перемещение (например, слепой зоне 60) до того, как датчик начнет работать. В другом примере датчик 41 может быть сконструирован таким образом, чтобы выдерживать столкновение с передним концом участка трубы 30а, но такие столкновения могут вызвать отскок и/или вибрацию (например, колебание) датчика 41. Пока эти вибрации не затухнут, чувствительность датчика 41 снижена, и время, необходимое для такого затухания, может позволить пройти слепой зоне 60.

Фиг. 2А представляет собой вид спереди примера системы 200 инспекции труб с состыкованными участками трубы. В системе 200 инспекции труб конвейер 220а перемещает первый участок трубы 230а, а конвейер 220b перемещает второй участок трубы 230b мимо инспекционного прибора 40 (например, устройства неразрушающего контроля электромагнитного типа). Участок трубы 230а имеет тело трубы 261а, расположенное между передним концом 232а и задним концом 234а. Слепая зона 260а проходит внутрь в продольном направлении от переднего конца 232а, а слепая зона 260b проходит внутрь в продольном направлении от заднего конца 234а. Участок трубы 230b имеет тело трубы 261а, расположенное между передним концом 232b и задним концом 234b. Слепая зона 260c проходит внутрь в продольном направлении от переднего конца 232b, а слепая зона 260d проходит внутрь в продольном направлении от заднего конца 234b.

Инспекционный прибор 40 выполнен с возможностью обследовать осевое сечение 250 участков трубы 230а и 230b по мере их продвижения через инспектируемую зону 52. Устройство 222а определения местоположения труб (например, энкодер, детектор прерывания луча, датчик приближения) выполнено с возможностью считывать положение участков трубы по мере их выхода из инспектируемой зоны 52, а устройство 222b определения местоположения труб выполнено с возможностью считывать положение участков трубы по мере их входа в инспектируемую зону 52. Участки трубы, такие как участки 230а и 230b, имеют длину приблизительно от 6 до 15 м или более и диаметр в диапазоне приблизительно от 50 до 300 мм, или, более конкретно, приблизительно от 114 до 244 мм.

Контроллер 202 включает в себя входные порты 203, выполненные с возможностью получения сигналов от устройств 222а и 222b определения местоположения труб, и выдает управляющие сигналы конвейеру на выходных портах 204, выполненных с возможностью связи с конвейерами 220а и 220b. Контроллер 202 может управлять скоростью конвейера 220а независимо от скорости конвейера 220b.

Конвейером 220а управляют таким образом, чтобы перемещать участки труб со скоростью, которая относительно ниже скорости конвейера 220b. Соответственно, в проиллюстрированном примере участок трубы 230а перемещают в продольном направлении со скоростью меньшей, чем участок трубы 230b. Участок трубы 230b достиг участка трубы 230а, и передний конец 232b упирается (например, физически контактирует, по меньшей мере, с его частью) в задний конец 234а для создания стыка 236. Процесс стыковки участков труб будет описан ниже в описаниях фиг. 3А-3Е.

Когда участки труб 230а и 230b состыкованы друг с другом, слепые зоны 260b и 260c задают стыковочную зону 261. Устройство 40 контроля может проводить тщательный контроль участков 230а и 230b труб в стыковочной зоне 261. В некоторых вариантах осуществления для отдельных участков труб длиной приблизительно от 6 до 15 м или более и/или диаметром в диапазоне приблизительно от 50 до 300 мм, или, более конкретно, приблизительно от 114 до 244 мм, размер слепых зон 260b и 260c может быть уменьшен в диапазоне приблизительно 300-500 мм по направлению внутрь от заднего конца 232а и переднего конца 234b (например, как на фиг. 1А-1В) до приблизительно 3 мм на каждой стороне стыка 236 для состыкованных участков труб.

Эти улучшенные показатели уменьшения до приблизительно 3 мм достигаются благодаря стыку 236 по причинам, которые могут зависеть от конфигурации инспекционного прибора 40 и сенсорного датчика 41. Фиг. 2В представляет собой схематичный вид сбоку примера магнитного потока в системе 200 инспекции труб. В проиллюстрированном примере участок трубы 230а показан с концом 231а, стыкующимся с участком трубы 230b на конце 231b в инспектируемой зоне 52. В ходе процесса инспекции проксимально к инспектируемой зоне 52 формируется магнитное поле 70b, и металлическое содержание участка труб 230а и 230b взаимодействует с этим магнитным полем 70b. Поскольку концы 231а и 231b состыкованы, магнитный поток может проходить между участками 230а и 230b труб с большей стабильностью (например, по сравнению с несостыкованным концом 31 на фиг. 1В). Дополнительная стабиль-

ность в магнитном поле 70b улучшает способность инспекционного прибора 40 обеспечивать более надежные, точные и/или пригодные для использования измерения на концах 231a и 231b, таким образом сокращая слепые зоны 60 или позволяя проводить инспекцию на более длинной части слепых зон 60. Например, при контакте встык участков труб 230a и 230b магнитное поле в области (созданное машиной) стабильно и обладает теми же характеристиками, что и магнитное поле на теле трубы, кроме того, при контакте встык участков труб 230a и 230b передний конец 232b физически не представляет собой тупой передний конец, который может столкнуться с датчиком 41. Таким образом, нет необходимости отводить датчик 41 от участка трубы 230a (например, создавая, таким образом, часть слепой зоны 260b) и менять его положение на участке трубы 230b (например, создавая, таким образом, часть слепой зоны 260c). В других примерах, в которых датчик 41 выполнен с возможностью столкновения с концами труб, степень вибраций, отскоков или колебаний датчика, вызываемых неоднородностями на стыке 236, относительно меньше тех, которые вызваны, например, полноценным столкновением с передним концом 232b. Соответственно, время, необходимое для затухания колебаний и восстановления способности инспекционного прибора 40 выполнять точную инспекцию, сокращается, таким образом сокращая длину в продольном направлении участков труб 230a и 230b, инспекцию которых невозможно выполнить на заднем конце 234a и переднем конце 232b.

Инспекционный прибор 40 выдает сигналы датчика, характеризующие качество участка трубы 230b по осевому сечению 250. Сигналы датчика различны в зависимости от качества участков труб 230a, 230b. Например, "нормальные" или "приемлемые" осевые сечения 250 могут быть охарактеризованы первым уровнем сигнала, а осевые сечения 250, имеющие дефекты (например, искажения, пустоты, включения, "пузырьки", трещины), могут вызвать сравнительно более высокие или низкие уровни сигнала.

Сигналы датчика поступают на контроллер 202 на сенсорном входном порте 206 и обрабатываются для определения дефектов и других деформаций на участках труб 230a, 230b. Контроллер 202 сравнивает полученные сигналы датчика с заранее определенным предельным значением дефекта (например, калибровочным значением, предоставленным пользователем), чтобы идентифицировать, что участок трубы имеет дефект некоторого типа. Например, инспекционный прибор 40 может выдавать диапазон от нуля до 10В в качестве сигналов датчика, которые варьируются в зависимости от качества осевого сечения 250, в котором выход 5В считается номинальным. Оператором может быть задано пороговое окно +/- 1В, в котором сигналы, выходящие за пределы окна (например, сигналы ниже 4В или выше 6В), могут быть определены как характерные для дефекта.

Инспекционный прибор 40 также выдает сигналы датчика, которые характеризуют стык 236 по осевому сечению 250. Сигналы датчиков различаются из-за неоднородности между состыкованными участками труб 230a, 230b. Например, "нормальные" или "приемлемые" осевые сечения 250 могут быть охарактеризованы первым уровнем сигнала, дефекты могут быть охарактеризованы вторым уровнем сигнала, а стыковки могут вызывать уровни сигнала, которые возникают как значительно больший дефект, имеющий относительно более высокий третий уровень сигнала. Контроллер 202 сравнивает полученные сигналы датчика с заранее определенным предельным значением стыка (например, калибровочным значением, предоставленным пользователем) для идентификации момента, когда стык 236 находится в инспектируемой зоне 52. Например, инспекционный прибор 40 может выдавать диапазон от нуля до 10В в качестве сигналов датчика, которые варьируются в зависимости от качества осевого сечения 250, в котором выход 5В считается номинальным. Оператором может быть задано пороговое окно +/- 1В, в котором сигналы, выходящие за пределы окна (например, сигналы ниже 4В или выше 6В), могут быть определены как характерные для дефекта. Однако может быть заранее известно, что настоящие дефекты, как правило, не вызывают разницу между сигналами датчика более +/-3В (например, не вызывают сигналов ниже 2В или выше 8В). Соответственно, сигналы датчика, которые превышают предельное значение стыка, могут быть определены как характерные для стыка 236, а не для дефекта. В некоторых вариантах сигналы, вызванные стыками, могут быть проигнорированы, и можно предотвратить идентификацию соответствующего участка трубы как имеющего дефект.

Контроллер 202 может обрабатывать сигналы о местоположении труб от устройств 222a и/или 222b определения местоположения труб и сигналы датчика от инспекционного прибора 40 для определения местоположения участков труб 230a, 230b, стыка 236 и/или выявленных дефектов. Например, контроллер 202 может быть выполнен с возможностью идентифицировать участок трубы, на котором был выявлен дефект. В другом примере контроллер 202 может идентифицировать участок трубы и местоположение в продольном направлении вдоль того участка трубы, где был выявлен дефект. В другом примере контроллер 202 может идентифицировать местоположение передних концов 232a, 232b и/или задних концов 234a, 234b на основании идентифицированных стыков 236 для определения длины участков труб 230a, 230b и/или их положений на конвейере.

Контроллер 202 выдает управляющий сигнал 265 ниже по потоку на выходном порте 205. Управляющий сигнал 265 ниже по потоку поступает на контроллер 270 ниже по потоку (например, программируемый логический контроллер), выполненный с возможностью управления последующими операциями. Например, управляющий сигнал 265 ниже по потоку может идентифицировать местоположение дефектов трубы в продольном направлении в рамках участков труб 230a, 230b (например, дефекты на

передних концах 232a, 232b и задних концах 234a, 234b могут просто быть отрезаны, в результате участок трубы будет немного короче и не будет иметь неприемлемого дефекта). В другом примере управляющий сигнал 265 ниже по потоку может идентифицировать положение на конвейере участков труб 230a, 230b и/или их длину (например, зависимость от положения операции ниже по потоку можно координировать на основании определенных длин и/или положений участков труб). В другом примере управляющий сигнал 265 ниже по потоку может идентифицировать пригодность/непригодность участков труб 230a, 230b в отношении дефектов трубы, а контроллер 270 ниже по потоку может реагировать на это, запуская разделение или другой вид сортировки (например, направление на доработку, переработку или утилизацию) участков труб, имеющих дефекты, от участков труб, которые не были определены как имеющие дефекты. Пример такого отделения будет рассмотрен в описаниях к фиг. 5A и 5B.

Фиг. 3A-3E представляют собой функциональные схемы примера системы 300 инспекции труб и участков труб на разных этапах инспекции. В некоторых вариантах осуществления система 300 инспекции труб может быть примером системы 200 инспекции труб, изображенной на фиг. 2A.

Обращаясь к фиг. 3A: участок конвейера 320a перемещает участок трубы 330a в продольном направлении с первой скоростью. Участок конвейера 320a включает в себя один или более моторов, которыми можно управлять для контроля скорости, с которой перемещают участки труб. Кроме того, участок трубы 330a включает в себя слепую зону 360a на переднем конце 322a и слепую зону 260b на заднем конце 324a.

Обращаясь теперь к фиг. 3B: участок трубы 330a был перемещен к участку конвейера 320b с первой скоростью. Участок трубы 330b помещают на участок конвейера 320a, за участком трубы 330a, для перемещения с первой скоростью. Участок конвейера 320b включает в себя один или более моторов, которыми можно управлять для контроля скорости, с которой перемещают участки труб. Участок конвейера 320b выполнен с возможностью перемещения участков труб со второй скоростью, которая относительно ниже по сравнению со скоростью конвейера 320a. Каждый из участков труб 330a и 330b в отдельности включает в себя слепую зону 360 на переднем конце 322a и на заднем конце 324a. Для отдельных участков труб длиной приблизительно от 6 до 15 м или более и/или диаметром в диапазоне приблизительно от 50 до 300 мм длина слепых зон 360 может составлять приблизительно от 300 до 500 мм на концах соответствующих участков труб.

Обращаясь к фиг. 3C: поскольку участок трубы 330a движется медленнее, чем участок трубы 330b, то участок трубы 330b достигнет участка трубы 330a, скорость движения которого ниже, и стыкуется с участком трубы 330a на стыке 336. Поскольку участок трубы 330a и участок трубы 330b соприкасаются, слепые зоны 360b и 360c сократятся в продольном направлении (например, с приблизительно 300 до приблизительно 3 мм), став частью 361a слепой зоны и частью 361b слепой зоны.

Обращаясь к фиг. 3D: состыкованная пара участков труб 330a и 330b далее двигаются вперед с более низкой скоростью через инспекционный прибор 340. Инспекционный прибор 340 проводит инспекцию участков труб 330a и 330b, за исключением слепых зон 361a, 361b. Поскольку слепые зоны 361a и 361b меньше слепых зон 360b и 360c, инспекционный прибор 340 может инспектировать относительно большую продольную длину состыкованных участков труб 330a и 330b, чем это было бы возможно, если бы участки труб 330a и 330b инспектировали по отдельности. При этом участок трубы 330c помещают на участок конвейера 320a, за участком трубы 330b, для перемещения с первой скоростью.

Теперь обратимся к фиг. 3E: участок трубы 330a полностью прошел через инспекционный прибор 340 и достиг конвейера 320c. Участок конвейера 320c включает в себя один или более моторов, управляемых для контроля скорости, с которой перемещают участки трубы. Участок конвейера 320c выполнен с возможностью перемещения участков трубы с третьей скоростью, относительно быстрее скорости конвейера 320b. Таким образом, участок трубы 330a отделяют от стыковки с участком трубы 330b.

При этом участок трубы 330c состыкован с участком трубы 330b. Соответственно, слепая зона 360b уменьшается до размеров слепой зоны 361b, и участок 330c трубы включает в себя аналогичным образом уменьшенную слепую зону 361c.

Поскольку передний конец 322a участка трубы 330a не имел преимущества в виде пристыкованного выше по потоку участка трубы, то слепая зона 360a остается относительно большой (например, >300 мм). Для обеспечения более полного контроля участка трубы 330a участок трубы 330a может быть возвращен на конвейер 320a для повторной инспекции. В проиллюстрированном примере участок трубы 330a достигнет и стыкуется с участком трубы 330c, обеспечивая, таким образом, инспекцию переднего конца 322a участка трубы 330a с относительно меньшей по размеру слепой зоной (например, приблизительно до 3 мм от переднего конца 322a).

В некоторых вариантах исполнения могут быть использованы другие способы уменьшения длины слепых зон. Например, участок трубы 330a может иметь нарезные концы, а передний конец 322a может быть временно состыкован с коротким участком трубы с комплементарной резьбой, который выполнен таким образом, что его длина и/или форма позволяют инспекционному прибору 340 выполнять точную инспекцию переднего конца 322a с уменьшенной слепой зоной (например, достаточно длинный, чтобы обеспечить затухание вибраций в примере сенсорного датчика 41 на фиг. 2A, до достижения передним концом 322a местоположения сенсорного датчика 41). В другом примере "нерабочий" участок трубы

может быть добавлен перед первым участком трубы на линии (например, перед передним концом 322a) и/или за последним участком трубы на линии для обеспечения стыка и, следовательно, уменьшения слепых зон для участков труб, с которыми стыкуются "нерабочие" участки. Такие "нерабочие" участки труб могут затем быть использованы повторно при начале и завершении последующих процессов инспекции, вместо направления их на следующие стадии в качестве готовой продукции.

На фиг. 4 показана диаграмма примера профиля скорости 400 участка трубы в системе инспекции труб. В некоторых вариантах выполнения профиль скорости 400 может представлять скорости, с которыми пример участка трубы 330a перемещают через пример системы 300 инспекции труб согласно фиг. 3A-3E.

Во время первой фазы 410 участок трубы перемещают с первой (например, "высокой") скоростью. Например, участок трубы 330a могут перемещать по конвейеру 320a относительно быстро. Во время второй фазы 420 участок трубы перемещают со второй (например, "номинальной") скоростью. Например, участок трубы 330a могут перемещать с номинальной скоростью по конвейеру 320b, при этом скорость ниже скорости, обеспечиваемой конвейером 320a. Во время третьей фазы 430 участок трубы перемещают с третьей (например, "более высокой") скоростью. Например, участок 330a трубы могут перемещать от конвейера 320b с помощью конвейера 320c со скоростью относительно большей, чем номинальная скорость.

Фиг. 5A и 5B представляют собой функциональные схемы примера системы 500 инспекции труб и пост-инспекционной системы 501 отделения труб после проведения инспекции. В некоторых вариантах осуществления пример системы 500 инспекции труб может быть частью примера систем 200 или 300 инспекции труб согласно фиг. 2A-3E. В некоторых вариантах осуществления пост-инспекционная система 501 отделения труб может быть добавлена ниже по потоку относительно примера систем 200 или 300 инспекции труб.

В процессе эксплуатации набор участков трубы 530 состыковывают для проведения инспекции инспекционным прибором 540. По мере выхода участков трубы из системы 500 инспекции труб они поступают в пост-инспекционную систему 501 отделения труб. Пост-инспекционная система 501 отделения труб включает в себя участок конвейера 510, который движется для направления проверенного участка трубы 530 к первому выходному конвейеру 520 или второму выходному конвейеру 522.

Пост-инспекционная система 501 отделения труб выполнена с возможностью движения участка конвейера 510 на основании, по меньшей мере, частично сигналов о дефектах, выданных инспекционным прибором 540. Например, инспекционный прибор 540 может выполнять электромагнитную инспекцию по мере перемещения состыкованных участков трубы 530 относительно инспекционного прибора и предоставлять данные о дефектах, описывающие дефекты, обнаруженные вдоль участков трубы 530, в том числе внутри уменьшенной слепой зоны, заданной вокруг стыков между участками трубы 530. Данные о дефектах могут быть обработаны контроллером (например, примером контроллера 202 согласно фиг. 2A) для идентификации участков труб, имеющих дефекты, и направления управляющих сигналов вниз по потоку к пост-инспекционной системе 501 отделения труб. В некоторых вариантах осуществления пост-инспекционная система 501 отделения труб может включать в себя расположенный ниже по потоку контроллер 270 с фиг. 2A и/или находиться под его управлением.

Обращаясь к фиг. 5A: участок трубы 531 был идентифицирован как не имеющий дефектов, выявленных инспекционным прибором 540, в том числе не имеющий дефектов на расстоянии от приблизительно 300 до приблизительно 3 мм от переднего или заднего концов участка трубы 531. Соответственно, пост-инспекционная система 501 отделения труб выравнивает участок конвейера 510 с первым выходным конвейером 520 (например, конвейером "пройденной инспекции"). В некоторых вариантах осуществления первый выходной конвейер 520 может перемещать участок трубы 531 для выполнения дополнительных технологических этапов, таких как последующая инспекция или технологические этапы для получения готового изделия.

Обращаясь теперь к фиг. 5B: участок трубы 532 был определен как имеющий по меньшей мере один дефект, выявленный инспекционным прибором 540, включая дефекты, выявленные в интервале от приблизительно 300 до приблизительно 3 мм от переднего и/или заднего концов участка трубы 532. Соответственно, пост-инспекционная система 501 отделения труб выравнивает участок конвейера 510 со вторым выходным конвейером 522 (например, конвейером "не пройденного контроля"). В некоторых вариантах осуществления второй выходной конвейер 522 может перемещать участок трубы 531 для выполнения дополнительных технологических этапов, таких как отделение этого участка трубы от участков труб, которые должны стать готовыми изделиями, или направление участка трубы 532 на повторную обработку, переработку или утилизацию.

Фиг. 6 представляет собой блок-схему технологического процесса, показывающую пример процесса 600 инспекции участков труб. В некоторых вариантах исполнения процесс 600 может быть выполнен с помощью примера систем 200, 300 и/или 500 инспекции труб согласно фиг. 2, 3A-3E и 5A-5B.

На этапе 605 обеспечивают первый участок трубы, имеющий первое тело трубы, первый передний конец и первый задний конец. Например, участок трубы 230a может быть помещен на конвейер 220a. В другом примере участок трубы 330a может быть помещен на конвейер 320a.

На этапе 610 обеспечивают второй участок трубы, имеющий второе тело трубы, второй передний конец и второй задний конец. Например, участок трубы 230b может быть помещен на конвейер 220b. В другом примере участок трубы 330b может быть помещен на конвейер 320a за участком трубы 330a.

На этапе 615 второй передний конец стыкуют с первым задним концом для создания стыковочной зоны труб, содержащей часть первого участка трубы, отмеренную от первого заднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, и часть второго участка трубы, отмеренную от второго переднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении. Например, на фиг. 3С участок трубы 330b догоняет участок трубы 330a и стыкуется с ним таким образом, что по продольным сторонам стыка 336 находятся слепая зона 361a и слепая зона 361b.

В некоторых вариантах выполнения стык второго переднего конца с первым задним концом для создания стыковочной зоны труб может включать в себя перемещение первого участка трубы в продольном направлении с первой скоростью, перемещение второго участка трубы в продольном направлении со второй скоростью, больше первой скорости, контактирование второго переднего конца с первым задним концом для создания стыковочной зоны труб, и перемещение первого участка трубы и второго участка трубы в продольном направлении таким образом, чтобы сохранять в контакте первый задний конец и второй передний конец. Например, конвейер 320b работает со скоростью меньше скорости конвейера 320a. Соответственно, участок трубы 330b догонит участок трубы 330a и упрется в него, а конвейер 320b будет перемещать состыкованные участки 330a, 330b труб с меньшей скоростью.

На этапе 620 первый участок трубы и второй участок трубы перемещают в продольном направлении с первой скоростью относительно инспекционного прибора, выполненного с возможностью проведения электромагнитной инспекции. Например, состыкованные участки труб 330a и 330b перемещают конвейером 320b через инспекционный прибор 340 с номинальной скоростью (например, фаза 420 на фиг. 4).

На этапе 625 по мере перемещения первого участка трубы и второго участка трубы относительно инспекционного прибора и на этапе 630 инспекционный прибор проводит инспекцию первой части зоны стыка труб и второй части зоны стыка труб. В некоторых вариантах выполнения инспекция первой части зоны стыка включает в себя контроль части первого участка трубы, отмеренной от первого заднего конца на продольное расстояние от 3 до 300 мм в продольном направлении, а инспекция второй части зоны стыка включает в себя инспекцию части второго участка трубы, отмеренной от второго переднего конца на продольное расстояние от 3 до 300 мм в продольном направлении. Например, трубный инспекционный прибор 40 может проводить инспекцию осевого сечения 250 по мере прохождения участками труб 230a и 230b инспектируемой зоны 52. Поскольку участки труб 230a и 230b имеют контакт встык, инспекционный прибор 40 может выявлять дефекты на расстоянии 3 мм от каждого конца стыковочной зоны 236.

На этапе 635 выполняют передачу данных о дефектах, описывающих дефекты, выявленные на первой части и/или на второй части зоны стыка труб, на основании обследования, проведенного инспекционным прибором. Например, инспекционный прибор 40 может выводить сигналы датчика дефектов на контроллер 202.

В то время как процесс 600 преимущественно описывает проведение инспекции на концах участков труб, которые преимущественно недоступны при проведении инспекции отдельных участков труб (например, при проведении контроля труб поочередно, а не псевдонепрерывным способом, описанным в настоящем документе), процесс 600 не ограничен только проведением инспекции зон стыка. В некоторых вариантах выполнения процесс 600 может также включать в себя проведение инспекции тела трубы, расположенного между концами трубы. Например, процесс 600 может включать в себя проведение инспекции тела 261a трубы примера участка трубы 230a согласно фиг. 2A-2B, а также переднего конца 232a и заднего конца 234a по мере того, как каждый из них перемещается мимо инспекционного прибора 40.

В некоторых вариантах выполнения способ 600 может также включать в себя перемещение, после инспекции зоны стыка труб, первого участка трубы в продольном направлении с третьей скоростью, превышающей вторую скорость. Например, на фиг. 3E показано, что после инспекции участка трубы 330a конвейер 320c может перемещать участок трубы 330a со скоростью, превышающей скорость конвейера 320b.

В некоторых вариантах выполнения процесс 600 может также подразумевать обеспечение третьего участка трубы, содержащего третье тело трубы, третий передний конец и третий задний конец, стык третьего переднего конца со вторым задним концом для создания второй стыковочной зоны труб, содержащей часть второго участка трубы, отмеренную от второго заднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, и часть третьего участка трубы, отмеренную от третьего переднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, перемещение второго участка трубы и третьего участка трубы в продольном направлении с первой скоростью относительно инспекционного прибора, инспекцию с помощью инспекционного прибора второй зоны стыка по мере перемещения второго участка трубы и третьего участка трубы относительно инспекционного прибора и выдачу на основании инспекции данных о дефектах, описывающих дефекты, выявленные инспекционным прибором во

второй стыковочной зоне. Например, участок трубы 330с может быть приведен в стыковой контакт с участком трубы 330b для проведения инспекции инспекционным прибором 340.

В некоторых вариантах исполнения процесс 600 может также включать в себя проведение инспекции части первого тела трубы инспекционным прибором по мере перемещения первого участка трубы относительно инспекционного прибора, и проведение инспекции части второго тела трубы инспекционным прибором по мере перемещения второго участка трубы относительно инспекционного прибора. Например, инспекционный прибор 40 может проводить инспекцию участков труб 230a и 230b, включая части тела трубы 261a и 261b. На фиг. 3С показано, что инспекцию можно проводить в областях слепых зон 360b и 360с, исключаяющих уменьшенные слепые зоны 361a и 361b.

В некоторых вариантах выполнения проведение инспекции может включать в себя создание магнитного поля, проксимального к осевому сечению трубы, детектирование взаимодействия магнитного поля с осевым сечением трубы и выявление отклонений взаимодействия на осевом сечении трубы. Например, инспекционные приборы 40, 340 и/или 540 могут функционировать, используя принцип электромагнитного потока рассеяния.

В некоторых вариантах выполнения процесс 600 может включать в себя определение, что отклонение превышает заранее определенное предельное значение дефекта, идентификацию первого участка трубы или второго участка трубы как имеющего осевое сечение трубы, которое вызвало указанное отклонение, в качестве дефектного участка трубы, и отделение дефектного участка трубы от других участков трубы, не идентифицированных как дефектные участки трубы; причем указанное осевое сечение трубы находится на расстоянии менее 300 мм от первого заднего конца или второго переднего конца. Например, контроллер 202 может быть выполнен с возможностью (например, откалиброван) иметь предельное значение, представляющее собой минимальное отклонение, воспринимаемое датчиком, которое может указывать на наличие дефекта, выявленного инспекционным прибором 40. Если сенсорные сигналы, полученные от инспекционного прибора, отличаются от предельного значения или превышают его, то контроллер 202 может идентифицировать участок трубы, на котором был выявлен дефект, и запустить пост-инспекционную систему 501 отделения труб для направления дефектного участка трубы в обход выходного конвейера 520 на выходной конвейер 521.

В некоторых вариантах выполнения процесс 600 может включать в себя определение, что отклонение превышает заранее определенное предельное значение дефекта, получение информации о положении по меньшей мере первого участка трубы или второго участка трубы, идентификацию первого участка трубы или второго участка трубы как имеющего осевое сечение трубы, вызвавшее отклонение, в качестве дефектного участка трубы, и идентификацию (на основании информации о положении) положения осевого сечения трубы на дефектном участке трубы, обеспечение информации о дефекте, который идентифицирует дефектный участок трубы и установленное положение осевого сечения трубы, на котором отклонение превысило предельное значение дефекта, при этом установленное положение находится в зоне стыка труб первого участка трубы и второго участка трубы. Например, контроллер 202 может быть выполнен с возможностью (например, откалиброван) иметь предельное значение, представляющее собой минимальное отклонение, воспринимаемое датчиком, которое может указывать на наличие дефекта, выявленного инспекционным прибором 40. Если сенсорные сигналы, полученные от инспекционного прибора, отличаются от предельного значения или превышают его, тогда контроллер 202 может идентифицировать участок трубы, на котором был выявлен дефект, и идентифицировать местоположение дефекта вдоль длины участка трубы, на котором был выявлен дефект. В некоторых вариантах выполнения, если положение дефекта находится на заранее определенном расстоянии от конца участка трубы, участок трубы может быть доработан для устранения дефекта. Например, если участок трубы длиной 10 м имеет дефект, находящийся на расстоянии 15 см от его конца, то конец может просто быть обрезан на расстоянии приблизительно 25 см от конца, в результате будет получен участок трубы длиной 9,75 м без дефекта.

В некоторых вариантах выполнения процесс 600 может включать в себя получение информации о положении первого участка трубы и второго участка трубы, определение того, что отклонение превышает заранее определенное предельное значение стыка, идентификацию (на основании информации о положении) положения осевого сечения трубы, где отклонение превысило предельное значение стыка, предоставление установленного положения в качестве информации о первом положении, характеризующей местоположение первого заднего конца, и предоставление информации об установленном положении в качестве информации о втором положении, характеризующей положение второго переднего конца.

Например, стык 236 при соприкосновении с датчиком 41 может вызвать отклонение сигналов датчика, выводимых инспекционным прибором 40. Это отклонение может быть больше, чем отклонение от любого предполагаемого дефекта трубы. Контроллер 202 может быть выполнен с возможностью (например, откалиброван) иметь предельное значение, которое может быть использовано для различения дефектов и стыков. Например, осевые сечения, не имеющие дефектов, могут вызывать незначительное отклонение сигналов датчика по сравнению с заранее определенным номинальным значением, при этом дефекты могут вызывать отклонения, которые превышают предельное значение дефекта, но не превышают предельное значение стыка, и стык может вызывать отклонения, которые превышают как предель-

ное значение дефекта, так и предельное значение стыка.

Контроллер 202 может определять, что был выявлен стык, и на основании сигналов о положении от устройств 222a и/или 222b определения местоположения труб определять местоположение выявленного стыка. Поскольку стык (например, стык 236) задан точкой, где задний конец участка трубы (например, задний конец 234a) соприкасается с передним концом участка следующей трубы (например, с передним концом 232b), местоположение заднего конца и переднего конца также может быть определено и передано другим контроллерам (например, контроллеру 270, расположенному ниже по потоку) для координации других операций.

В некоторых вариантах выполнения процесс 600 также может включать в себя получение контроллером информации о первом положении и/или информации о втором положении и управление процессом с помощью контроллера и после инспекции зоны стыка труб на основании, по меньшей мере, информации о первом положении или информации о втором положении. В некоторых вариантах выполнения процесс может быть одним из следующих процессов: процесс управления движением, процесс электромагнитной дефектоскопии в продольном направлении, процесс ультразвуковой инспекции толщины стенки трубы, процесс дефектоскопии в поперечном направлении или процесс инспекции с помощью машинного зрения. Например, контроллер 202 может обрабатывать информацию о сигналах датчика от инспекционного прибора 40 и обрабатывать сигналы обратной связи о положении, получаемые от устройств 222a, 222b определения положения труб, а также выдавать управляющий сигнал 265 ниже по потоку контроллеру 270, расположенному ниже по потоку, который может быть выполнен с возможностью управления пост-инспекционной системой 501 отделения труб. В другом примере контроллер 270, расположенный ниже по потоку, может быть выполнен с возможностью управления другими процессами электромагнитной дефектоскопии в продольном направлении, процессами инспекции (например, ультразвуковой) толщины стенки трубы, процессами инспекции с помощью машинного зрения, автоматизированными процессами или любым другим соответствующим процессом изготовления или инспекции участков труб.

Фиг. 7 представляет собой принципиальную схему примера обобщенной компьютерной системы 700. Система 700 может быть использована для операций, описанных в контексте способа 300 согласно одному из вариантов выполнения. Например, система 700 может входить в состав любого или всех нижеперечисленных устройств: контроллер 202, расположенный ниже по потоку контроллер 270, инспекционные приборы 40, 340 и 540, устройства 222a и 222b определения местоположения труб и пост-инспекционная система 501 отделения труб.

Система 700 включает в себя процессор 710, запоминающее устройство 720, накопительное устройство 730 и устройство 740 ввода/вывода. Каждый из компонентов 710, 720, 730 и 740 связан с другими компонентами с помощью системной шины 750. Процессор 710 может обрабатывать инструкции для исполнения в составе системы 700. В одном из вариантов выполнения процессор 710 - это однопотоковый процессор. В другом варианте выполнения процессор 710 - это многопотоковый процессор. Процессор 710 может обрабатывать инструкции, сохраненные в запоминающем устройстве 720 или накопительном устройстве 730, для отображения графической информации для пользовательского интерфейса на устройстве 740 ввода/вывода.

Запоминающее устройство 720 хранит информацию в составе системы 700. В одном из вариантов выполнения запоминающее устройство 720 - это машиночитаемый носитель. В одном из вариантов выполнения запоминающее устройство 720 - это энергозависимое запоминающее устройство. В другом варианте выполнения запоминающее устройство 720 - это запоминающее устройство с сохранением информации при выключении питания.

Накопительное устройство 730 может обеспечивать массовое хранение для системы 700. В одном из вариантов выполнения накопительное устройство 730 - это машиночитаемый носитель. В различных вариантах выполнения накопительное устройство 730 может быть накопителем на гибком диске, накопителем на жестком диске, накопителем на оптическом диске или ленточным накопителем.

Устройство 740 ввода/вывода обеспечивает выполнение операций ввода/вывода для системы 700. В одном варианте выполнения устройство 740 ввода/вывода включает в себя клавиатуру и/или указывающее устройство. В другом варианте выполнения устройство 740 ввода/вывода включает в себя устройство отображения для отображения графических интерфейсов пользователя.

Описанные признаки могут быть интегрированы в цифровые электронные схемы или в компьютерное аппаратное обеспечение, программно-аппаратное обеспечение, программное обеспечение или их комбинации. Этот аппарат может быть внедрен в компьютерный программный продукт, практически воплощенный на носителе информации, например на машиночитаемом накопительном устройстве для выполнения программируемым процессором; и этапы, предусмотренные способом, могут быть выполнены программируемым процессором, выполняющим программу инструкций для осуществления функций описанных выше вариантов выполнения путем оперирования с входными данными и генерирования выходных данных. Описанные признаки могут быть успешно внедрены в одну или более компьютерных программ, которые могут быть выполнены в программируемой системе, включающей в себя по меньшей мере один программируемый процессор, соединенный с системой хранения данных, от которой он мо-

жет получать данные и инструкции и которой он может передавать данные и инструкции, по меньшей мере одно устройство ввода и по меньшей мере одно устройство вывода. Компьютерная программа представляет собой набор инструкций, которые могут быть прямо или косвенно использованы в компьютере для выполнения определенного действия или получения определенного результата. Компьютерная программа может быть написана в любой форме языка программирования, включая компилируемые или интерпретируемые языки, и внедрена в любой форме, в том числе как автономная программа или модуль, компонент, подпрограмма или другой элемент, пригодный для использования в вычислительной среде.

Процессоры, пригодные для выполнения программы инструкций, включают в себя, например, и микропроцессоры общего и специального назначения, и одиночный процессор или один из мультипроцессоров компьютеров любого типа. Преимущественно, процессор будет получать инструкции и данные от постоянного запоминающего устройства или от запоминающего устройства с произвольной выборкой, или от обоих устройств. Основные элементы компьютера - это процессор для выполнения инструкций и одно или более запоминающих устройств для хранения инструкций и данных. Как правило, компьютер также включает в себя или функционально связан с одним или более массовым запоминающим устройством для хранения файлов с данными; в число таких устройств входят магнитные диски, такие как внутренние жесткие диски и съемные диски; магнито-оптические диски и оптические диски. Накопительные устройства, пригодные для практического воплощения инструкций и данных для компьютерных программ, включают в себя все формы запоминающих устройств с сохранением информации при выключении питания, в том числе, например, полупроводниковые запоминающие устройства, такие как стираемые программируемые постоянные запоминающие устройства, электрически стираемые программируемые постоянные запоминающие устройства и устройства флеш-памяти; магнитные диски, такие как внутренние жесткие диски и съемные диски; магнито-оптические диски, а также диски CD-ROM и DVD-ROM. Процессор и запоминающее устройство могут быть дополнены специализированными микросхемами (ASIC) или встроены в них.

Для обеспечения взаимодействия с пользователем эти признаки могут быть реализованы в компьютере, имеющем устройство отображения, такое как монитор с катодно-лучевой трубкой или жидкокристаллическим дисплеем, для отображения информации пользователю, а также клавиатуру и указывающее устройство, такое как мышь или шаровой указатель, с помощью которого пользователь может вводить данные в компьютер.

Признаки могут быть реализованы в компьютерной системе, которая включает в себя внутренний компонент, такой как сервер данных, или межплатформенный компонент, такой как сервер приложений или Интернет-сервер, или подсистему доступа, такую как клиентский компьютер, имеющий графический интерфейс пользователя, или Интернет-браузер, или любую их комбинацию. Компоненты системы могут быть соединены с помощью любой формы или носителя цифровой передачи данных, такой как коммуникационная сеть. Примерами коммуникационных сетей могут быть, например, LAN (локальная сеть), WAN (глобальная сеть), а также компьютеры и сети, образующие Интернет.

В состав компьютерной системы могут входить клиенты и серверы. Клиент и сервер преимущественно удалены друг от друга и, как правило, взаимодействуют через сеть, такую как описанные выше. Взаимосвязь клиента и сервера возникает благодаря компьютерным программам, работающим на соответствующих компьютерах и имеющим друг с другом взаимосвязь "клиент-сервер".

Несмотря на то, что выше было приведено подробное описание нескольких вариантов исполнения, возможны и другие модификации. Кроме того, достижение желаемых результатов не требует расположения логических потоков, изображенных на фигурах, в конкретном показанном порядке или последовательном порядке. Кроме того, можно добавить другие этапы или исключить этапы из описанных потоков, а также добавить и исключить компоненты описанных систем. Следовательно, прочие варианты исполнения соответствуют объему приведенной ниже формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ инспекции труб, включающий в себя:

обеспечение первого участка трубы, имеющего первое тело трубы, первый передний конец и первый задний конец;

обеспечение второго участка трубы, имеющего второе тело трубы, второй передний конец и второй задний конец;

соединение встык по меньшей мере части второго переднего конца с по меньшей мере частью первого заднего конца для создания зоны стыка труб, содержащей часть первого участка трубы, отмеренную от первого заднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, и часть второго участка трубы, отмеренную от второго переднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении;

перемещение первого участка трубы и второго участка трубы в продольном направлении с первой скоростью относительно инспекционного прибора, выполненного с возможностью осуществлять элек-

тромагнитную инспекцию;

инспекцию инспекционным прибором первой части зоны стыка труб и второй части зоны стыка труб при перемещении первого участка трубы и второго участка трубы относительно инспекционного прибора; и

предоставление, на основании проведенной инспекции данных, о дефектах, описывающих дефекты, обнаруженные инспекционным прибором на первой части и/или второй части зоны стыка труб.

2. Способ по п.1, в котором соединение встык второго переднего конца с первым задним концом для образования зоны стыка подразумевает:

перемещение первого участка трубы в продольном направлении с первой скоростью;

перемещение второго участка трубы в продольном направлении со второй скоростью, которая больше первой скорости;

контактирование второго переднего конца с первым задним концом для образования зоны стыка; и

перемещение первого участка трубы и второго участка трубы в продольном направлении таким образом, чтобы сохранять контакт между первым задним концом и вторым передним концом.

3. Способ по п.2, в котором после инспекции зоны стыка первый участок трубы дополнительно перемещают в продольном направлении с третьей скоростью, которая больше второй скорости.

4. Способ по п.3, который дополнительно включает в себя:

обеспечение третьего участка трубы, содержащего третье тело трубы, третий передний конец и третий задний конец;

соединение встык по меньшей мере части третьего переднего конца с по меньшей мере частью второго заднего конца для создания второй зоны стыка, содержащей часть второго участка трубы, отмеренную от второго заднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, и часть третьего участка трубы, отмеренную от третьего переднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении;

перемещение второго участка трубы и третьего участка трубы в продольном направлении с первой скоростью относительно инспекционного прибора;

инспекцию инспекционным прибором второй зоны стыка труб при перемещении второго участка трубы и третьего участка трубы относительно инспекционного прибора; и

предоставление, на основании проведенной инспекции, данных о дефектах, описывающих дефекты, обнаруженные инспекционным прибором на второй зоне стыка труб.

5. Способ по п.1, который дополнительно включает в себя:

инспекцию инспекционным прибором части первого тела трубы при перемещении первого участка трубы относительно инспекционного прибора; и

инспекцию инспекционным прибором части тела второй трубы при перемещении второго участка трубы относительно инспекционного прибора.

6. Способ по п.1, в котором указанная инспекция включает в себя:

создание магнитного поля проксимально к осевому сечению трубы;

обнаружение взаимодействия магнитного поля с осевым сечением трубы; и

обнаружение отклонения указанного взаимодействия на осевом сечении трубы.

7. Способ по п.6, который дополнительно включает в себя:

определение, что указанное отклонение превышает заранее определенное предельное значение дефекта;

идентификацию первого участка трубы или второго участка трубы как имеющего осевое сечение трубы, которое вызвало указанное отклонение, в качестве дефектного участка трубы; и

отделение дефектного участка трубы от других участков трубы, не определенных как дефектные участки трубы,

причем указанное осевое сечение трубы расположено на расстоянии менее 300 мм от первого заднего конца или второго переднего конца.

8. Способ по п.6, который дополнительно включает в себя:

определение, что указанное отклонение превышает заранее определенное предельное значение дефекта;

получение информации о положении первого участка трубы и/или второго участка трубы;

идентификацию первого участка трубы или второго участка трубы как имеющего указанное осевое сечение трубы, которое вызвало указанное отклонение, в качестве дефектного участка трубы; и

идентификацию, на основании информации о положении, установленного положения указанного осевого сечения трубы вдоль дефектного участка трубы; и

предоставление информации о дефекте, которая идентифицирует дефектный участок трубы и указанное установленное положение осевого сечения трубы, где отклонение превысило заранее определенное предельное значение дефекта, причем указанное установленное положение находится в зоне стыка первого участка трубы и второго участка трубы.

9. Способ по п.6, который дополнительно включает в себя:

получение информации о положении первого участка трубы и второго участка трубы;

определение, что отклонение превышает заранее определенное предельное значение для стыка;
 идентификацию, на основании информации о положении, установленного положения осевого сечения трубы, где указанное отклонение превысило заранее определенное предельное значение для стыка;
 предоставление указанного установленного положения в качестве информации о первом положении, характеризующей положение первого заднего конца; и
 предоставление указанного установленного положения в качестве информации о втором положении, характеризующей положение второго переднего конца.

10. Способ по п.9, который дополнительно включает в себя:

получение контроллером указанной информации о первом положении и/или указанной информации о втором положении; и

управление процессом с помощью контроллера и после инспекции зоны стыка труб на основании указанной информации о первом положении и/или указанной информации о втором положении.

11. Способ по п.10, в котором процесс представляет собой один из следующих процессов: процесс управления движением, процесс электромагнитной дефектоскопии в продольном направлении, процесс ультразвуковой инспекции толщины стенки трубы, процесс дефектоскопии в поперечном направлении или процесс инспекции с помощью машинного зрения.

12. Способ по п.1, в котором выполнение инспекции указанной первой части зоны стыка труб включает в себя инспекцию части указанного первого участка трубы, отмеренной от первого заднего конца на продольное расстояние от 3 до 300 мм в продольном направлении, а выполнение инспекции указанного второго участка зоны стыка включает в себя инспекцию части указанного второго участка трубы, отмеренной от второго переднего конца на продольное расстояние от 3 до 300 мм в продольном направлении.

13. Компьютерная программа, сохраненная на машиночитаемом накопительном устройстве, содержит инструкции, выполнение которых компьютерной системой позволяет компьютерной системе выполнять операции электромагнитной инспекции на первом участке трубы, имеющем первое тело трубы, первый передний конец и первый задний конец, и на втором участке трубы, находящемся в по меньшей мере частичном стыке со вторым телом трубы, имеющим второй передний конец и второй задний конец, при этом указанные операции инспекции включают в себя:

получение сигналов о дефектах труб от электромагнитного трубного инспекционного прибора;

получение сигналов о положении труб от прибора определения местоположения труб;

обнаружение положения дефекта трубы в зоне стыка, содержащей часть первого участка трубы, отмеренную от первого заднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, и часть второго участка трубы, отмеренную от второго переднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, на основании полученных сигналов о дефектах трубы, полученных сигналов о положении труб и заранее определенного предельного значения дефектов трубы;

идентификацию дефектного участка трубы на основании указанного положения дефекта трубы; и

предоставление идентификатора дефектного участка трубы.

14. Компьютерная программа по п.13, в которой указанные операции дополнительно включают в себя:

обнаружение места стыка труб на основании полученных сигналов о дефектах труб, полученных сигналов о положении труб и заранее определенного предельного значения для стыка труб, отличного от заранее определенного предельного значения дефекта трубы; и

выдачу сигнала о положении конца трубы на основании места стыка труб, характеризующего место стыка между передним концом участка трубы и задним концом участка трубы.

15. Компьютерная программа по п.13, в которой указанные операции дополнительно включают в себя:

выдачу сигнала управления конвейером, который запускает работу первого участка конвейера для перемещения труб с первой скоростью; и

выдачу сигнала конвейера, который запускает работу второго участка конвейера для перемещения труб, эксплуатационно расположенного ниже по потоку от первого участка конвейера для перемещения труб, со второй скоростью, которая меньше, чем первая скорость, причем трубный инспекционный прибор расположен вдоль второго участка конвейера для перемещения труб.

16. Компьютерная программа по п.15, в которой указанные операции дополнительно включают в себя:

определение, на основании сигналов о положении труб, что первый участок трубы на первом участке конвейера для перемещения труб пристыкован ко второму участку трубы на втором участке конвейера для перемещения труб; и

выдачу второго сигнала управления конвейером, который запускает работу первого участка конвейера для перемещения труб приблизительно со второй скоростью.

17. Компьютерная программа по п.13, в которой обнаружение положения дефекта труб на основании полученных сигналов о дефекте труб, полученных сигналов о положении труб и заранее определенного предельного значения дефекта включает в себя:

получение информации о положении первого участка трубы, имеющего задний конец, и/или второго участка трубы, имеющего передний конец, пристыкованный к указанному заднему концу в продольном направлении; и

определение, что отклонение сигналов о дефекте трубы превышает заранее определенное предельное значение дефекта трубы, причем указанное отклонение обнаружено на расстоянии менее 300 мм от первого заднего конца или второго переднего конца, и

при этом идентификация дефектного участка трубы на основании информации о положении дефекта трубы дополнительно включает в себя идентификацию первого участка трубы или второго участка трубы как участка, вызвавшего указанное отклонение.

18. Компьютерная программа по п.13, в которой обнаружение места стыка труб дополнительно включает в себя:

получение информации о положении первого участка трубы, имеющего задний конец, и/или второго участка трубы, имеющего передний конец, в продольном направлении, по меньшей мере, частично пристыкованный к указанному заднему концу;

определение, что отклонение сигналов о дефектах труб превышает заранее определенное предельное значение для стыка труб, причем указанное отклонение обнаружено на расстоянии менее чем приблизительно 3 мм от первого заднего конца или второго переднего конца; и

идентификацию, на основании указанной информации о положении, установленного положения, где указанное отклонение превысило заранее определенное предельное значение для стыка; и

причем выдача сигнала о положении конца трубы дополнительно включает в себя выдачу указанного установленного положения как положения конца трубы.

19. Система для инспекции труб, включающая в себя электромагнитный трубный инспекционный прибор; устройство определения положения труб; и контроллер, содержащий:

входной порт для сигналов о дефектах, выполненный с возможностью получения сигналов о дефектах труб от указанного трубного инспекционного прибора;

входной порт для информации о положении, выполненный с возможностью получения сигналов о положении труб от устройства определения положения труб; и

процессор, выполненный с возможностью:

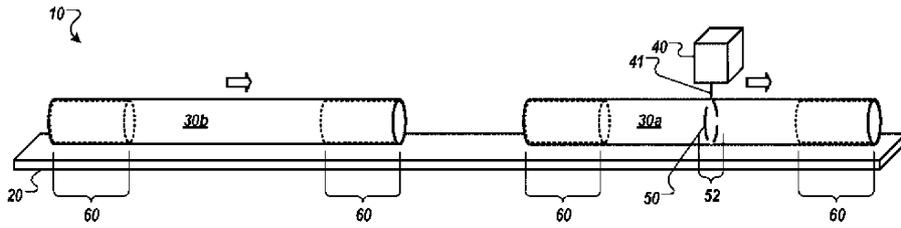
выявлять положение дефекта труб на основании сигналов о дефектах труб, сигналов о положении труб и заранее определенного предельного значения дефекта труб и выдавать положение дефекта труб в виде сигнала о положении дефекта труб на первом выходном порте, причем сигнал о положении дефекта труб идентифицирует участки труб, имеющие дефекты, причем указанное положение дефекта труб находится в пределах зоны стыка, содержащей часть первого участка трубы, отмеренную от первого заднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении, и участок второй трубы, отмеренный от второго переднего конца на продольное расстояние 300 мм в продольном направлении и, по меньшей мере, частично пристыкованный к первому заднему концу.

20. Система по п.19, в которой процессор дополнительно выполнен с возможностью обнаруживать положение стыка труб на основании сигналов о дефектах труб, сигналов о положении труб и заранее определенного предельного значения для стыка труб, и выдавать сигнал о положении конца трубы на втором выходном порте, причем указанный сигнал о положении конца трубы идентифицирует местоположение переднего конца участка трубы и/или заднего конца участка трубы.

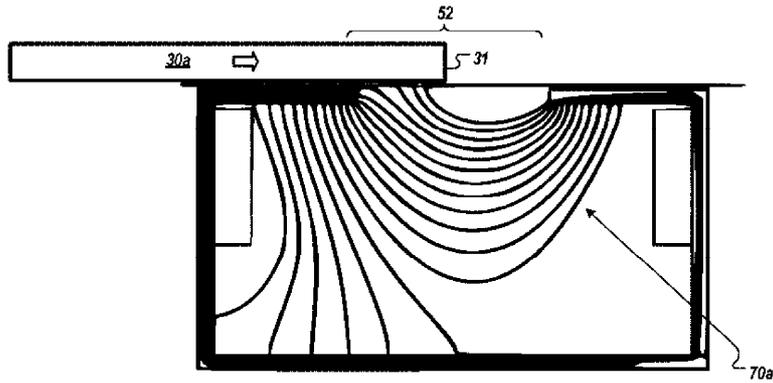
21. Система по п.19, которая дополнительно включает в себя конвейер, выполненный с возможностью перемещать участки труб в продольном направлении, причем указанный конвейер имеет первый мотор, выполненный с возможностью перемещать участки труб вдоль участка конвейера, расположенного выше по потоку, с первой скоростью, и второй мотор, выполненный с возможностью перемещать участки труб по участку конвейера, расположенному ниже по потоку, со второй скоростью, которая меньше, чем первая скорость.

22. Система по п.21, в которой указанный первый мотор и/или второй мотор выполнены с возможностью перемещать участки труб на основании сигнала о скорости, полученного от выходного порта контроллера по управлению мотором, причем указанный процессор может быть дополнительно выполнен с возможностью выдавать указанный сигнал о скорости таким образом, чтобы вторая скорость была меньше первой скорости.

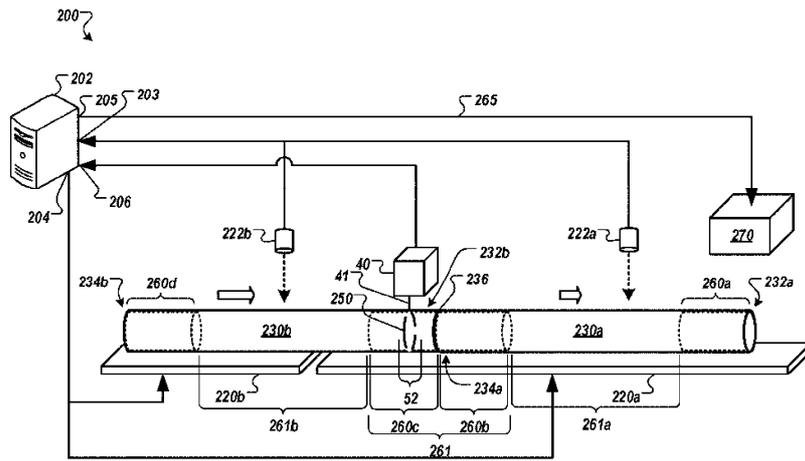
23. Система по п.22, в которой конвейер дополнительно включает в себя третий мотор, выполненный с возможностью перемещать участки труб вдоль выходного участка конвейера с третьей скоростью, которая больше, чем вторая скорость.



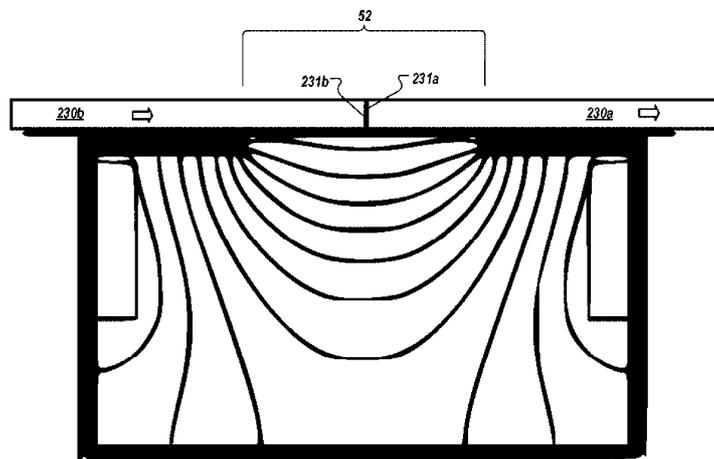
Фиг. 1А



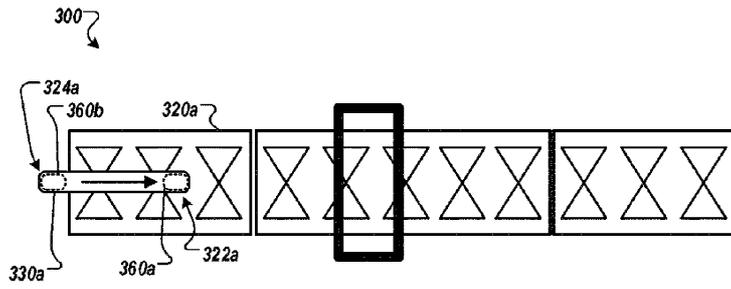
Фиг. 1В



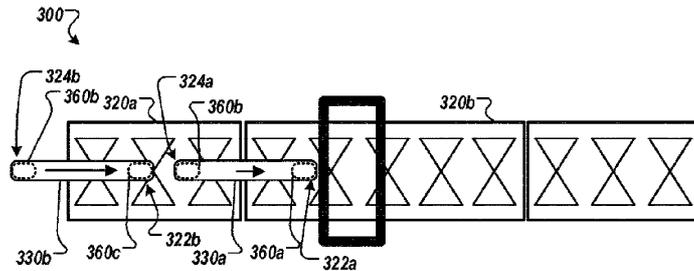
Фиг. 2А



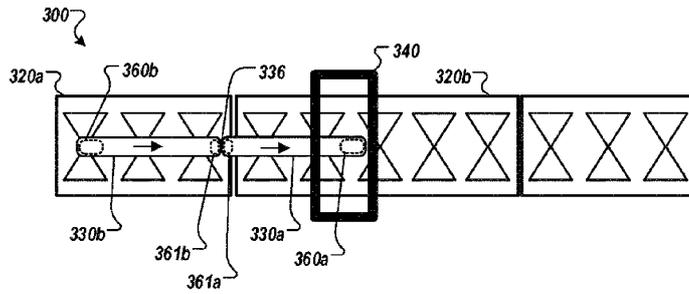
Фиг. 2В



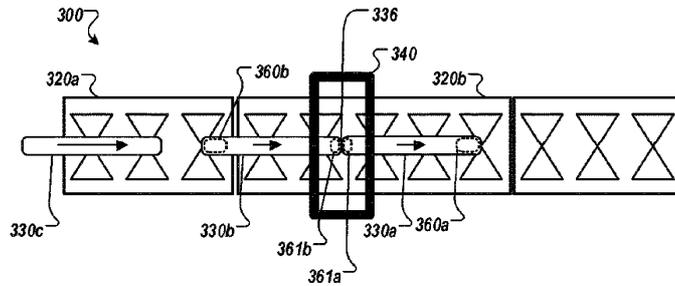
Фиг. 3А



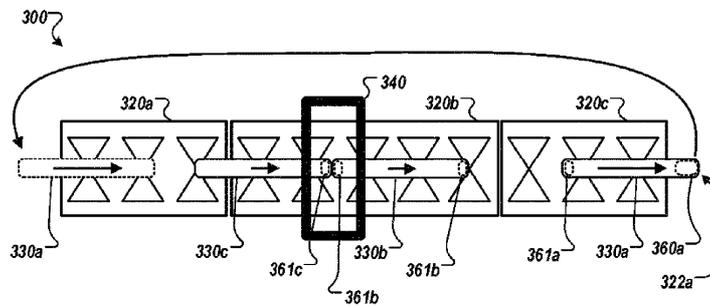
Фиг. 3В



Фиг. 3С



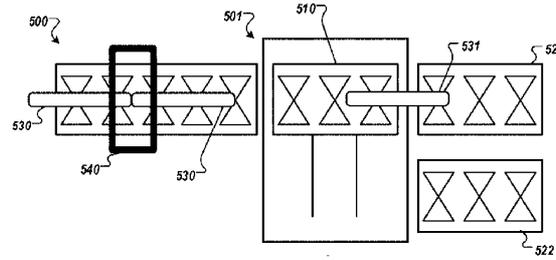
Фиг. 3D



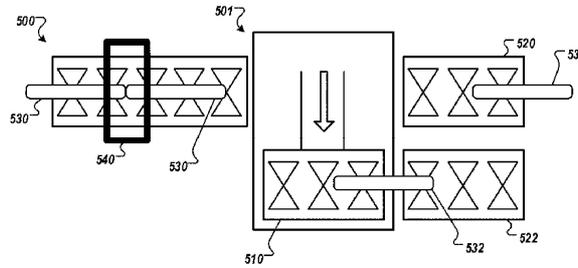
Фиг. 3Е



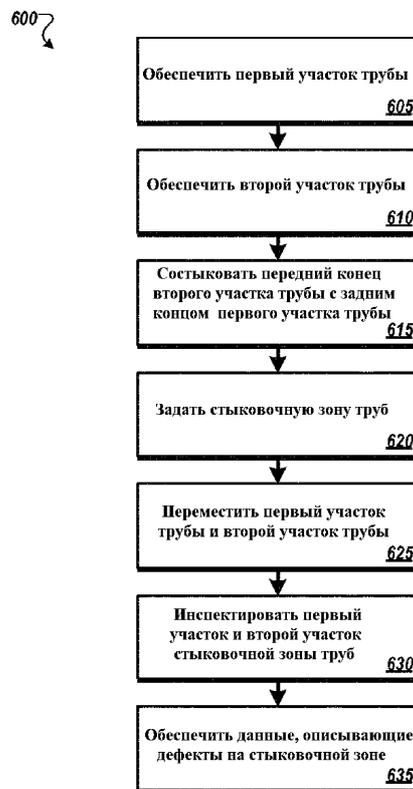
Фиг. 4



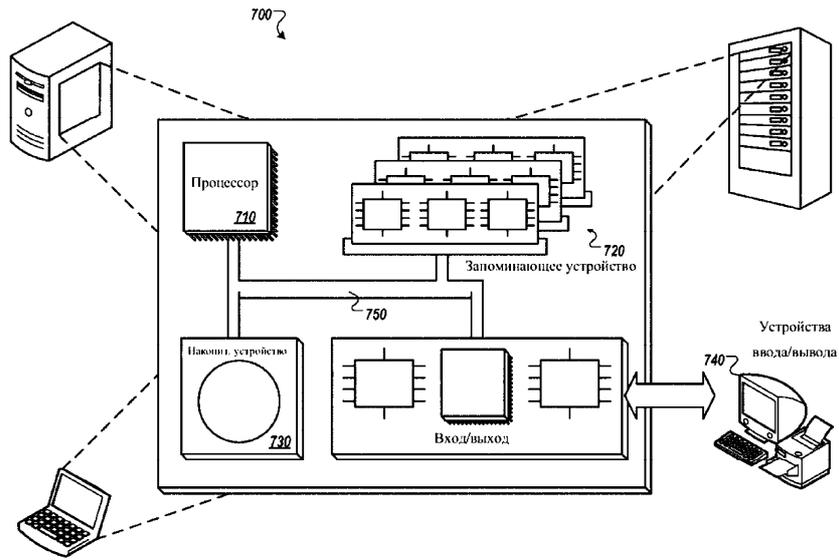
Фиг. 5А



Фиг. 5В



Фиг. 6



Фиг. 7