

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035901**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.08.28

(21) Номер заявки
201990266

(22) Дата подачи заявки
2017.07.12

(51) Int. Cl. **G01N 29/26** (2006.01)
G01B 17/02 (2006.01)
G01N 27/82 (2006.01)
G01N 27/90 (2006.01)

(54) СПОСОБЫ И СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТРУБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

(31) **62/361,190**

(32) **2016.07.12**

(33) **US**

(43) **2019.07.31**

(86) **PCT/US2017/041759**

(87) **WO 2018/013715 2018.01.18**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**Ю.Эс. СТИЛ ТЬЮБЬЮЛАР
ПРОДАКТС, ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:
Мур Питер У. (US)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) US-A1-20040016139
WO-A1-2015112839
US-A1-20110235057
US-A-4912683

(57) Раскрыты способы и системы эффективного и точного контроля трубных изделий. Получают измерения внутреннего и наружного диаметров трубного изделия по всей длине с использованием лазерных или других световых измерительных систем. Определяют дискретные участки трубного изделия. Для каждого участка получают по меньшей мере одно измерение наружного диаметра внешней поверхности дискретного участка и по меньшей мере одно измерение внутреннего диаметра внутренней поверхности дискретного участка. В дополнение получают координаты геометрического центра каждого дискретного участка трубного изделия. Фиксируют измерения, определяющие внешнюю поверхность, внутреннюю поверхность и геометрический центр, в соответствии с продольным положением каждого дискретного участка.

B1

035901

035901

B1

Перекрестная ссылка на родственные заявки

Настоящая заявка испрашивает приоритет по предварительной заявке на патент США № 62/361,190 под названием "METHODS AND SYSTEMS FOR ASSESSING TUBULAR GOODS", поданной 12 июля 2016 г., содержание которой включено в настоящий документ путем ссылки во всей своей полноте.

Предпосылки создания изобретения

Измерение общей длины и окружности трубных изделий и сохранение числовых результатов в массиве баз данных, поддерживающем соответствие между каждой окружной плоскостью данных и ее продольным положением, представляет известный уровень техники систем контроля трубных изделий. Задача таких систем заключается в использовании данных для построения виртуального трехмерного представления трубного изделия, в том числе отклонений от оси по длине. Обычные системы контроля трубных изделий известного уровня техники, предназначенные для решения этой задачи, в настоящее время используют средства ультразвукового контроля (UT) для измерения толщины стенок в сочетании с лазерным или светоизлучающим устройством для измерения соответствующих наружных диаметров. Однако современные системы не фиксируют отклонения от базовой продольной прямолинейности трубного изделия.

Такие массивы данных измерений толщины стенки и соответствующего наружного диаметра обеспечивают псевдотрехмерные (виртуальные) представления коротких (как правило, полдюйма) участков трубы или другого трубного изделия в дискретных продольных положениях. Каждый смежный кольцевой участок характеризуется своим собственным независимым дискретным набором трехмерных данных, и единственным относительным показателем для смежных дискретных участков является продольное расстояние между ними. При графическом отображении такого рода данных с соединенными дискретными кольцевыми участками получается идеально прямое трехмерное представление трубного изделия. Другими словами, геометрические осевые линии дискретных кольцевых участков выравниваются вдоль продольной оси z и не отклоняются в радиальном направлении в поперечной плоскости x-y.

Однако готовые трубы никогда не бывают идеально прямыми и имеют участки, которые смещены в радиальном направлении в поперечной плоскости x-y. При определении и графическом отображении геометрических центров каждого участка готовой трубы часто наблюдаются загибы (концевые отклонения), прогибы (изогнутость по всей длине) и отклонения от винтовой прямолинейности. Системы измерения трубных изделий, используемые в настоящее время, не предоставляют данные об отклонениях от оси, необходимые для построения правильных трехмерных представлений готовых труб, которые отражают сложные отклонения от осевой прямолинейности.

Стоимость проведения контроля труб, например с целью фиксации измерений толщины стенки и соответствующего наружного диаметра, зависит от нескольких факторов, в том числе от стоимости измерительного устройства, стоимости систем, используемых для хранения и обработки сформированных массивов данных для каждой трубы, времени, необходимого для проведения полного контроля, рабочей силы и обучения, необходимого для работы с такими системами, и стоимости обслуживания измерительной системы и системы хранения и обработки данных. Обычные розничные цены на проведение контроля небольшого количества труб варьируются в диапазоне от \$900 до \$1200 за соединение труб нефтепромыслового сортамента. Розничные цены для большого количества составляют приблизительно \$300 за соединение. Что касается обслуживания, то для измерения размеров трубных изделий нефтепромыслового сортамента, как правило, используется оборудование для ультразвукового контроля с большими массивами преобразователей, что значительно увеличивает стоимость обслуживания. Стоимость проведения контроля может значительно увеличивать стоимость трубных изделий.

В нефтедобывающей промышленности для физического измерения и фиксации внутренних диаметров трубного изделия по всей длине используются механические многорукие спайдерные устройства. В других отраслях промышленности, например в оборонной промышленности, для измерения внутреннего диаметра ствола артиллерийской установки по всей длине используются лазерные измерительные системы. Каждая из этих систем гораздо дешевле, чем полноразмерная система ультразвуковой толщинометрии, и может выполнять контроль по всей длине за короткое время. Однако ни одна из таких систем не способна устранить недостатки традиционных систем, которые не фиксируют отклонения от базовой линии прямолинейности или в некоторых случаях остальные размеры труб.

Фигуры

Некоторые признаки различных неограничивающих вариантов осуществления в соответствии с настоящим изобретением подробно изложены в приложенных примерах. Однако различные варианты осуществления, как в отношении систем, так и в отношении способов работы, наряду с их преимуществами могут быть более понятны со ссылкой на следующее описание, приведенное в сочетании с сопровождающими чертежами, на которых:

фиг. 1 представляет собой структурную схему системы контроля в соответствии по меньшей мере с одним вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 2 иллюстрирует трубную конструкцию, подвергаемую контролю наружного диаметра и размеров от оси с использованием лазерных или других светоизлучающих устройств, и показывает точки прямого измерения стенки;

фиг. 3 иллюстрирует трубную конструкцию, подвергаемую контролю наружного диаметра и размеров от оси с использованием лазерных или других светоизлучающих устройств, и показывает измерение толщины стенки с использованием однопроходного устройства ультразвукового контроля;

фиг. 4 иллюстрирует трубную конструкцию, подвергаемую контролю внутреннего диаметра с использованием лазерных или других светоизлучающих устройств, прикрепленных к двигателю вращения, установленному на штанге;

фиг. 5 иллюстрирует трубную конструкцию, подвергаемую контролю внутреннего диаметра с использованием лазерных или других светоизлучающих устройств, прикрепленных к двигателю вращения, установленному на самоходной троллейной тележке;

фиг. 6 иллюстрирует трубную конструкцию, подвергаемую контролю внешнего и внутреннего диаметров с использованием объединенных блоков контроля, показанных на фиг. 2 и 4;

фиг. 7 иллюстрирует трубную конструкцию и соответствующие дискретные участки в соответствии по меньшей мере с одним неограничивающим вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 8 иллюстрирует один из дискретных участков, показанных на фиг. 7.

Подробное описание

Для обеспечения полного понимания общей конструкции, функции, изготовления и использования некоторых вариантов осуществления, рассмотренных в описании и проиллюстрированных на сопровождающих чертежах, изложено множество конкретных деталей. Широко известные операции, компоненты и элементы подробно не описаны, чтобы не отвлекать внимание от вариантов осуществления, рассмотренных в описании. Читателю следует понимать, что варианты осуществления, описанные и проиллюстрированные в настоящем документе, представляют собой неограничивающие примеры, и поэтому следует учитывать, что конкретные структурные и функциональные детали, раскрытые в настоящем документе, могут быть репрезентативными и иллюстративными. Модификации и изменения могут быть выполнены без отклонения от объема изобретения.

Выражения "содержать" (и любые его формы, например "содержит" и "содержащий"), "иметь" (и любые его формы, например "имеет" и "имеющий"), "включать в себя" (и любые его формы, например "включает в себя" и "включающий в себя") и "состоять из" (и любые его формы, например "состоит из" и "состоящий из") являются неограничивающими глаголами-связками. Следовательно, система, устройство или прибор, который "содержит", "имеет", "включает в себя" или "состоит из" одного или более элементов, обладает указанными одним или более элементами, но не ограничивается наличием только указанных одного или более элементов. Подобным образом элемент системы, устройства или прибора, который "содержит", "имеет", "включает в себя" или "состоит из" одного или более признаков, обладает указанными одним или более признаками, но не ограничивается наличием только указанных одного или более признаков.

В настоящем документе раскрыты различные неограничивающие способы и системы эффективного контроля трубных изделий. По меньшей мере в одном аспекте измерения толщины стенки трубного изделия по всей длине и окружности трубного изделия получают с помощью вычислений, включающих в себя размеры наружного и внутреннего диаметра, измеренные лазерными или другими световыми измерительными системами. Могут быть определены дискретные кольцевые участки трубного изделия. Для каждого такого дискретного участка получают по меньшей мере одно измерение наружного диаметра внешней поверхности дискретного участка и по меньшей мере одно измерение внутреннего диаметра внутренней поверхности дискретного участка. В дополнение, получают координаты геометрического центра каждого дискретного участка трубного изделия. Фиксируют измерения, определяющие внешнюю поверхность, внутреннюю поверхность и геометрический центр, в соответствии с продольным положением каждого дискретного участка.

Каждое измерение наружного и внутреннего диаметров и соответствующего геометрического центра может представлять малую часть всех соответствующих диаметров и геометрических центров трубного изделия в трехмерном пространстве. Несколько таких измерений могут быть использованы для построения виртуального трехмерного представления трубного изделия, включающего в себя отклонения от прямолинейности продольного или винтового характера.

По меньшей мере в одном аспекте наружные диаметры, внутренние диаметры и/или геометрические центры дискретных участков трубного изделия могут быть представлены или отображены визуально, так что могут быть легко обнаружены интересующие отклонения, в том числе, например, отклонения от прямолинейности. В одном примере наружные диаметры, внутренние диаметры и/или геометрические центры дискретных участков могут быть представлены графически. В одном примере разные оттенки или цвета могут представлять разные значения наружных диаметров, внутренних диаметров и/или геометрических центров дискретных участков. Например, более темный оттенок может представлять больший внутренний диаметр, а более светлый оттенок может представлять меньший внутренний диаметр.

По меньшей мере в одном возможном аспекте записанные значения наружных диаметров, внутренних диаметров и/или геометрических центров дискретных участков трубного изделия могут быть обработаны для получения виртуальной толщины стенки трубного изделия по его длине и/или для прогнозирования влияния напряжений на трубное изделие, например напряжений, которые могут возникать при

эксплуатации трубного изделия.

По меньшей мере в одном аспекте настоящее изобретение относится к неразрушающему измерению трубных изделий. Например, по меньшей мере в одном аспекте для определения наружных диаметров, внутренних диаметров, геометрических центров и/или значений толщины стенки стальной трубы или других трубных изделий применяют неразрушающие способы и системы с использованием лазерных или других световых измерительных устройств. По меньшей мере в одном аспекте настоящее изобретение относится к улучшенному способу сбора, хранения, отображения и иного использования информации, полученной от лазерных или других световых измерительных систем, для получения размерных данных и вычисления и сохранения данных о толщине стенки трубного изделия. По меньшей мере в одном аспекте настоящее изобретение относится к использованию лазерных или других световых измерительных систем для получения дополнительных данных, представляющих малые дискретные участки внешней и внутренней трубных поверхностей в соответствии с трехмерными данными о положении, относящимися к каждому малому дискретному участку, так что стенка трубной или по существу трубной конструкции или ее участков может быть отображена, визуализирована, исследована и/или использована в программах моделирования/сопоставления в качестве трехмерного объекта.

В различных случаях способ построения виртуального трехмерного профиля трубной или, по меньшей мере, по существу трубной конструкции или ее области (областей) включает в себя этап, на котором выбирают диаметральные участки трубной конструкции в дискретных положениях вдоль заданной длины трубной конструкции. В одном аспекте заданная длина может представлять собой общую длину трубной конструкции. Способ дополнительно включает в себя этап, на котором для каждого участка определяют множество наружных диаметров внешней поверхности участка и множество внутренних диаметров внутренней поверхности участка. Количество измеренных внутренних диаметров и наружных диаметров представляет желаемое разрешение выбранного участка. Способ дополнительно включает в себя этап, на котором определяют координаты геометрического центра для каждого участка. Способ дополнительно включает в себя этап, на котором используют определенные внутренние диаметры, наружные диаметры и соответствующие координаты геометрических центров для построения виртуального трехмерного профиля трубного изделия, включающего в себя, например, дефекты поверхности.

Обратимся к фиг. 1, на которой показана система 4 контроля для контроля трубной конструкции 8. Трубная конструкция 8 может представлять собой трубное изделие нефтепромыслового сортамента, например трубу, как проиллюстрировано на фиг. 2-6. Система 4 включает в себя схему 10. Схема 10 включает в себя контроллер 12, внешний блок 14, средний блок 15 и внутренний блок 16. Контроллер 12 может содержать один или более процессоров 18 (например, микропроцессор, микроконтроллер), связанных по меньшей мере с одной схемой 20 памяти. По меньшей мере одна схема 20 памяти хранит исполняемые машиной команды, которые при исполнении процессором 18 побуждают процессор 18 к выполнению одной или более функций. В одном аспекте по меньшей мере одна схема 20 памяти хранит исполняемые машиной команды, которые при исполнении процессором 18 побуждают процессор 18 к построению виртуального трехмерного профиля трубной конструкции 8 на основе входных данных от внутреннего блока 16, среднего блока 15 и внешнего блока 14.

Этапы, выполняемые процессором 18, могут включать в себя выбор дискретных диаметральных участков трубной конструкции 8 в дискретных положениях вдоль заданной длины трубной конструкции 8. В одном аспекте заданная длина может представлять собой общую длину трубной конструкции 8 или ее участок. Этапы, выполняемые процессором 18, дополнительно могут включать в себя определение для каждого диаметрального участка множества наружных диаметров внешней поверхности участка и множества внутренних диаметров внутренней поверхности участка. Количество внутренних диаметров и наружных диаметров, определяемых для дискретного участка, представляет желаемое разрешение выбранного участка. Этапы, выполняемые процессором 18, дополнительно могут включать в себя определение координат геометрического центра для каждого из участков и использование измерений толщины стенки, обеспеченных средним блоком 15, для калибровки ориентации и положения наружных диаметров относительно внутренних диаметров и корректировки ошибок фрикционного проскальзывания трубной конструкции 8 при перемещении через внешний блок 14, средний блок 15 и внутренний блок 16. Способ дополнительно включает в себя этап, на котором используют определенные внутренние диаметры, наружные диаметры и соответствующие координаты геометрических центров множества анализируемых участков трубной конструкции 8 для построения виртуального трехмерного профиля трубной конструкции 8.

В различных случаях один или более различных этапов, описанных в настоящем документе, могут выполняться конечным автоматом, содержащим либо комбинационную логическую схему, либо последовательностную логическую схему, причем либо комбинационная логическая схема, либо последовательностная логическая схема связана по меньшей мере с одной схемой памяти. По меньшей мере одна схема памяти хранит текущее состояние конечного автомата. Комбинационная или последовательностная логическая схема выполнена с возможностью побуждения конечного автомата к выполнению этапов. Последовательностная логическая схема может быть синхронной или асинхронной. В других случаях один или более различных этапов, описанных в настоящем документе, могут выполняться схемой, кото-

рая включает в себя, например, комбинацию процессора 18 и конечного автомата.

Контроллер 12 и/или другие контроллеры настоящего изобретения могут быть реализованы с использованием встроенных и/или дискретных аппаратных элементов, программных элементов и/или их сочетания. Примеры встроенных аппаратных элементов могут включать в себя процессоры, микропроцессоры, микроконтроллеры, интегральные схемы, ASIC, PLD, DSP, FPGA, логические вентили, регистры, полупроводниковые устройства, чипы, микрочипы, чипсеты, S^oC и/или SIP. Примеры дискретных аппаратных элементов могут включать в себя схемы и/или элементы схем, например логические вентили, полевые транзисторы, биполярные транзисторы, резисторы, конденсаторы, индукторы и/или реле. В некоторых случаях контроллер 12 может включать в себя гибридную схему, содержащую дискретные и встроенные элементы или компоненты схемы на одной или более подложках.

Процессор 18 может быть любым процессором из множества одноядерных или многоядерных процессоров, известных в уровне техники. Схема 20 памяти может содержать энергозависимые и энергонезависимые носители данных. В одном варианте осуществления процессор 18 может включать в себя блок обработки команд и арифметический блок. Блок обработки команд может быть выполнен с возможностью приема команд от схемы 20 памяти.

Обратимся к фиг. 2-3, внешний блок 14 включает в себя вращающийся барабан 22, выполненный с возможностью вращения вокруг продольной оси 24. Вращающийся барабан 22 может иметь цилиндрическую форму и неподвижную внешнюю оболочку 23, как проиллюстрировано на фиг. 2-3. На внутренней стенке вращающегося барабана 22 могут быть расположены один или более лазерных блоков. По меньшей мере в одном примере лазерные блоки 26, 26' расположены на противоположных сторонах внутренней стенки или поверхности вращающегося барабана 22. Лазерные блоки 26 и 26' расположены на внутренней стенке или поверхности вращающегося барабана 22 по окружности под углами 90° и 270°. Иначе говоря, лазерные блоки 26, 26' как комплект могут быть разнесены друг от друга по окружности примерно на 180° на внутренней стенке или поверхности вращающегося барабана 22. Лазерные блоки 26 и 26' могут быть ориентированы по направлению друг к другу. На внутренней стенке или поверхности вращающегося барабана 22 могут быть расположены дополнительные комплекты лазерных измерительных блоков, разнесенных друг от друга приблизительно на 180°.

По меньшей мере в одном аспекте лазерные блоки 26, 26' выполнены с возможностью передачи входных данных в контроллер 12 на основе измерений, полученных лазерными блоками 26, 26' и при наличии дополнительными комплектами лазерных блоков. Контроллер 12 может использовать входные данные от лазерных блоков 26, 26' для определения значений наружного диаметра внешней поверхности трубной конструкции 8, которые основаны на измерениях. В некоторых случаях измерения содержат расстояния, которые одновременно измерены между лазерными блоками 26, 26' и внешней поверхностью трубной конструкции 8 при прохождении трубной конструкции через вращающийся барабан 22. То же самое относится к любым дополнительным комплектам лазерных блоков, которые могут быть расположены на внутренней стенке или поверхности вращающегося барабана 22.

Обратимся к фиг. 4, внутренний блок 16 включает в себя крепежный элемент 28, например в виде неподвижной штанги, продолжающейся вдоль продольной оси 24. Два лазерных блока 30, 30' прикреплены к двигателю 17 вращения, который прикреплен и продолжается от крепежного элемента 28. В конструкции, проиллюстрированной на фиг. 4, лазерные блоки 30, 30' обращены в противоположных направлениях вдоль оси 32, перпендикулярной или по меньшей мере по существу перпендикулярной продольной оси, и лазерные блоки 30 и 30' вращаются вокруг продольной оси 24. К двигателю 17 вращения могут быть прикреплены дополнительные комплекты лазерных измерительных блоков, разнесенных друг от друга приблизительно на 180°. В другом варианте осуществления, как проиллюстрировано на фиг. 5, внутренний блок 16' может использовать самоходную троллейную тележку 43, которая тянет сама себя и любые соединительные кабели 44 через внутреннюю область трубной конструкции 8. В этом варианте осуществления лазерные блоки 30, 30' прикреплены к двигателю 17 вращения, который, в свою очередь, прикреплен к передней части троллейной тележки 43. К двигателю 17 вращения могут быть прикреплены дополнительные комплекты лазерных измерительных блоков 30, 30', разнесенных друг от друга приблизительно на 180°.

Хотя внешний блок 14 и внутренний блок 16 могут работать на разных станциях, по меньшей мере в одном варианте осуществления, проиллюстрированном на фиг. 6, внешний блок 14 и внутренний блок 16 работают на одной станции, так что лазерные блоки 26, 26' 30, 30' выровнены друг с другом вдоль оси 32. По меньшей мере в одном случае крепежный элемент 28 выполнен с возможностью центрирования во внутренней области трубной конструкции 8 с помощью центрирующих направляющих лапок или роликов, которые контактируют с внутренней стенкой трубной конструкции 8.

Как и лазерные блоки 26, 26', лазерные блоки 30, 30' выполнены с возможностью передачи входных данных в контроллер 12 на основе измерений, полученных лазерными блоками 30, 30'. Контроллер 12 может использовать входные данные от лазерных блоков 30, 30' для определения значений внутреннего диаметра внутренней поверхности трубной конструкции 8, которые основаны на измерениях, полученных лазерными блоками 30, 30'. В некоторых случаях измерения содержат расстояния, которые однове-

менно измерены между лазерными блоками 30, 30' и внутренней поверхностью трубной конструкции 8.

При работе трубная конструкция 8 центрируется вокруг продольной оси 24, как проиллюстрировано на фиг. 6. Трубная конструкция 8 перемещается вдоль продольной оси 24 по направлению к внутреннему блоку 16 и внешнему блоку 14 на отдельных рабочих станциях, как проиллюстрировано на фиг. 2-5, или на одной объединенной рабочей станции, как проиллюстрировано на фиг. 6. В каждом из этих случаев трубная конструкция 8 перемещается таким образом, чтобы она проходила между внутренним блоком 16 и/или внешним блоком 14. Другими словами, трубная конструкция 8 выполнена с возможностью перемещения через внешний блок 14 и вокруг внутреннего блока 16 на отдельных рабочих станциях или на одной объединенной станции. При перемещении трубной конструкции 8 в осевом направлении относительно внешнего блока 14 и внутреннего блока 16 лазерные блоки 26, 26' 30, 30' непрерывно проводят соответствующие измерения внешней и внутренней поверхностей трубной конструкции 8.

Для калибровки измерений внешнего блока 14 и внутреннего блока 16 с целью корректировки фрикционного проскальзывания в продольном направлении или вращательного проскальзывания в окружном направлении средний блок 15 обеспечивает по меньшей мере два непосредственных измерения стенки на расстоянии приблизительно 90° друг от друга и на каждом конце трубной конструкции 8, включая продольное разделительное расстояние 27, как проиллюстрировано на фиг. 2, 5 и 6. В другом варианте осуществления, как проиллюстрировано на фиг. 3, средний блок 15 обеспечивает непрерывные или периодические измерения стенки по двум или более линиям на расстоянии приблизительно 90° друг от друга по длине трубной конструкции 8 при прохождении через внешний блок 14. В этом варианте осуществления используются по меньшей мере два однопроходных устройства измерения стенки, например преобразователи для ультразвукового контроля (УТ) или другие подходящие датчики стенки. Данные измерений стенки, обеспеченные средним блоком 15, также используются для синхронизации данных о наружном диаметре и внутреннем диаметре, обеспеченных внешним блоком 14 и внутренним блоком 16, так что процессор 18 может устанавливать достаточно точное трехмерное соотношение трубной конструкции 8 и в результате выводить виртуальное трехмерное представление или базу данных по трубной конструкции 8.

Для ввода идентификационной информации, соответствующей конкретной трубной конструкции 8, подлежащей контролю с помощью системы 4 контроля, также может быть использовано пользовательское устройство 6 ввода. Также может быть введена другая информация, например данные калибровки длины, другие специальные калибровочные данные, а также дата и время проведения контроля. Введенная информация может храниться на носителе данных, например в схеме 20 памяти.

В альтернативном варианте осуществления внутренний блок 16 и внешний блок 14 могут продольно перемещаться по направлению к трубной конструкции 8, при этом трубная конструкция 8 остается неподвижной. В таком варианте осуществления крепежный элемент 28 выполнен с возможностью продольного перемещения лазерных блоков 30, 30' через трубную конструкцию 8. В дополнение, вращающийся барабан 22 выполнен с возможностью продольного перемещения лазерных блоков 26, 26' при вращении вокруг трубной конструкции 8.

Снова обратимся к фиг. 2-4 и 6, лазерные блоки 26, 26' 30, 30' выполнены с возможностью вращения вокруг продольной оси 24 при движении трубной конструкции 8 вдоль продольной оси 24 относительно внешнего блока 14 и внутреннего блока 16. Лазерные блоки 26, 26' 30, 30' могут быть выполнены с возможностью вращения вокруг продольной оси 24 с одинаковыми или, по меньшей мере, по существу одинаковыми скоростью вращения и направлением вращения. Альтернативно лазерные блоки 26, 26' 30, 30' могут быть выполнены с возможностью вращения вокруг продольной оси 24 с разными скоростями вращения и/или в разных направлениях вращения. Во время вращения лазерные блоки 26, 26' 30, 30' непрерывно проводят соответствующие измерения внешней и внутренней поверхностей трубной конструкции 8.

Скорость вращения лазерных блоков 26, 26' 30, 30' также может оказывать влияние на разрешение виртуального трехмерного профиля трубной конструкции 8, формируемого контроллером 12. Чем больше скорость трубной конструкции 8 относительно внутреннего блока 16 и внешнего блока 14, тем меньше количество внутренних и наружных диаметров, определенных контроллером 12 для заданной длины трубной конструкции 8. В некоторых случаях, как проиллюстрировано на фиг. 1, схема 10 включает в себя пользовательское устройство 6 ввода, которое может использоваться для выбора скорости перемещения трубной конструкции 8 через внутренний блок 14 и внешний блок 16, соответствующей желаемому разрешению виртуального трехмерного профиля трубной конструкции 8. Предельное разрешение, независимо от скорости перемещения трубной конструкции 8 и скорости вращения устройств определения диаметра, представляет собой максимальную скорость электронного повторяющегося отклика всей системы 4 контроля.

В различных вариантах осуществления внешний блок 14 зафиксирован в осевом направлении. Лазерные блоки 26, 26' получают измерения при перемещении трубной конструкции 8 через внешний блок 14. В дополнение лазерные блоки 30, 30' могут получать измерения при прохождении внутреннего блока 16 внутри и через трубную конструкцию 8. Поступательное и вращательное перемещение лазерных бло-

ков 30, 30' отслеживается контроллером 12.

Обратимся к фиг. 7, трубная конструкция 8 или, по меньшей мере, ее участок разделена на множество дискретных последовательных поперечных сечений или колец 46 для желаемого разрешения. Участки или кольца 46 могут быть определены в плоскости, перпендикулярной продольной оси 24. Для каждого j -го кольца, как проиллюстрировано на фиг. 8, построен профиль внешней поверхности j -го кольца на основе координат $(X_{ij}^{OD}, Y_{ij}^{OD}, Z_j^{OD})$ в неподвижной глобальной системе координат. В дополнение построен профиль внутренней поверхности j -го кольца на основе координат $(x_{ij}^{ID}, y_{ij}^{ID}, z_j^{ID})$ в локальной системе координат, связанной с внутренним блоком 16. При наличии M измерений (колец) вдоль центральной оси трубной конструкции 8 и N измерений в окружном направлении каждая из внешней и внутренней поверхностей представлена числом измерений, равным значению N , умноженному на значение M . Трехмерные измерения представлены в неподвижной глобальной системе координат, обозначенной $(X_{ij}^{OD}, Y_{ij}^{OD}, Z_j^{OD})$ и $(X_{ij}^{ID}, Y_{ij}^{ID}, Z_j^{ID})$ для внешней и внутренней поверхностей соответственно, в которой i варьируется от 1 до N для окружного направления, а j варьируется от 1 до M для осевого направления.

Геометрический центр внешней поверхности для каждого j -го кольца может быть определен на основе системы уравнений:

$$\begin{cases} X_{Cj}^{OD} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ij}^{OD} \\ Y_{Cj}^{OD} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{ij}^{OD} \\ Z_{Cj}^{OD} = Z_j^{OD} \end{cases}$$

Подобным образом геометрический центр внутренней поверхности для каждого j -го кольца может быть определен на основе системы уравнений:

$$\begin{cases} X_{Cj}^{ID} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ij}^{ID} \\ Y_{Cj}^{ID} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{ij}^{ID} \\ Z_{Cj}^{ID} = Z_j^{ID} \end{cases}$$

Далее координаты осевых линий внутренней и внешней поверхностей могут быть использованы для определения прямолинейности трубной конструкции 8. Для внешней поверхности координаты осевых линий будут следующими:

$$(X_{Cj}^{OD}, Y_{Cj}^{OD}, Z_j^{OD}), \quad j = 1, \dots, M$$

Для внутренней поверхности координаты осевых линий будут следующими:

$$(X_{Cj}^{ID}, Y_{Cj}^{ID}, Z_j^{ID}), \quad j = 1, \dots, M$$

В различных случаях входные данные от лазерных блоков 26, 26' 30, 30' представлены в локальной системе координат для каждой из внутренней и внешней поверхностей. Для обработки входных данных осуществляется преобразование из локальной системы координат в неподвижную глобальную систему координат.

Преобразование может быть выполнено для входных данных, соответствующих внешней и внутренней поверхностям. После представления входных данных для внешней и внутренней поверхностей в одной глобальной системе координат все геометрические свойства (например, центр окружности, диаметры, овальность, эксцентricность стенки, прямолинейность трубы и т.д.) могут быть вычислены соответствующим образом.

Для внешней или внутренней поверхности входные данные могут быть представлены в локальной системе координат, связанной с лазерным блоком, выполняющим измерения, следующим образом:

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

С помощью преобразования координат (в том числе вращения и перемещения) локальные координаты могут быть представлены в неподвижной глобальной системе координат для точек данных как

внешней, так и внутренней поверхности с использованием уравнения

$$\mathbf{X} = \mathbf{R}\mathbf{x} + \mathbf{T},$$

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad \mathbf{T} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix}$$

где \mathbf{x} - глобальные координаты, \mathbf{T} - вектор перемещения,

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_Z \mathbf{R}_Y \mathbf{R}_X = \begin{bmatrix} \cos \theta_Z & -\sin \theta_Z & 0 \\ \sin \theta_Z & \cos \theta_Z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_Y & 0 & \sin \theta_Y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_Y & 0 & \cos \theta_Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_X & -\sin \theta_X \\ 0 & \sin \theta_X & \cos \theta_X \end{bmatrix} - \text{ матрица}$$

вращения и где θ_Z - угол вращения вокруг глобальной оси Z, θ_Y - угол вращения вокруг глобальной оси Y, и θ_X - угол вращения вокруг глобальной оси X.

В различных случаях могут быть вычислены прочность и другие рабочие характеристики трубной конструкции 8 для каждого дискретного кольца по всей длине трубной конструкции 8. Также все трехмерные данные могут быть использованы для трехмерного моделирования с целью точного прогнозирования расчетной прочности и других рабочих характеристик конкретной трубной конструкции 8.

После получения и сохранения трехмерных координат внешней и внутренней поверхностей трубной конструкции 8 в компьютерной системе хранения данных могут быть вычислены координаты, определяющие центры любого дискретного участка. В общем, со ссылкой на фиг. 7, трехмерные координаты центров всех дискретных участков по всей длине трубного изделия образуют трехмерные линии и кривые 45. С использованием метода наименьших квадратов можно вычислить контрольную базовую линию прямолинейности конкретной трубной конструкции или ее участков. В трубной промышленности отсутствует уникальный способ определения контрольной базовой линии для вычисления прямолинейности. Конечный потребитель может указать предпочтительную методологию. В документе "The American Petroleum Institute (API) Specification 5CT" обеспечены два общих сценария: измерения прямолинейности по всей длине (прогиб) и концевой прямолинейности (загиб) концевого участка длиной 5 футов с обоих концов указанной трубы. При использовании системы, описанной в настоящем документе, можно не только более точно реализовать два вышеуказанных сценария, но также можно измерить и визуализировать трехмерную форму по всей длине (например, винтовая кривая) и/или локальные изгибы по всей длине трубного изделия и можно представить цифровые или графические данные по отклонениям от контрольной базовой линии.

Обратимся к фиг. 3, в систему 4 контроля могут быть интегрированы однопроходные инструменты 40 для измерения толщины стенки в целях калибровки для обеспечения надлежащего размещения профиля или оболочки внутренней поверхности в профиле или оболочке внешней поверхности. По меньшей мере в одном аспекте для подгонки профилей внутренней и внешней поверхностей друг к другу достаточно двух однопроходных датчиков, расположенных снаружи вращающегося барабана 22 и разнесенных друг от друга приблизительно на 90°. Альтернативно однопроходные инструменты 40 могут быть размещены во внутренней области вращающегося барабана 22. Примеры подходящих однопроходных инструментов 40 включают в себя неперекрывающиеся однопроходные устройства ультразвукового контроля (УТ), лазерные, гамма-лучевые, магнитные и другие устройства определения толщины стенки. В альтернативном варианте осуществления однопроходные инструменты 40 могут быть заменены или могут использоваться в сочетании по меньшей мере с четырьмя точками 42 прямого измерения толщины стенки, по две или более с каждого конца трубной конструкции 8, включая продольное разделительное расстояние 27, как проиллюстрировано на фиг. 2, 5 и 6. В других вариантах осуществления дополнительные устройства позиционирования, например отдельный контрольный лазерный луч для контроля прямолинейности или многоосный гироскоп, могут быть использованы для определения размеров от оси относительно координат геометрического центра, представляющих дискретные продольные участки, связанные с измерениями внешней поверхности или внутренней поверхности по окружности.

Примеры

Следующие примеры описывают аспекты нескольких неограничивающих вариантов осуществления способов и систем в соответствии с настоящим изобретением.

Пример 1. Способ контроля трубного изделия содержит этапы, на которых выбирают поперечное сечение трубного изделия, поперечное продольной оси, проходящей через трубное изделие; размещают в продольном направлении по меньшей мере одно измерительное устройство в некотором положении относительно поперечного сечения; при нахождении измерительного устройства в упомянутом положении определяют продольное положение измерительного устройства вдоль продольной оси трубного изделия; при нахождении измерительного устройства в упомянутом положении определяют окружное положение измерительного устройства по окружности поперечного сечения; выбирают диаметральные сечения в дискретных положениях по окружности поперечного сечения трубного изделия; измеряют наружный диаметр и внутренний диаметр на каждом из диаметральных сечений по окружности поперечного сечения с помощью по меньшей мере одного измерительного устройства; определяют геометрический центр

поперечного сечения; повторяют вышеуказанные этапы на множестве других участков трубного изделия, перпендикулярных продольной оси.

Пример 2. Способ в соответствии с примером 1, в котором измерительное устройство содержит лазерное измерительное устройство.

Пример 3. Способ в соответствии с примером 1, в котором измерительное устройство содержит световое измерительное устройство.

Пример 4. Способ в соответствии с примером 1, дополнительно содержащий этап, на котором сохраняют цифровые записи наружных диаметров, внутренних диаметров и геометрического центра поперечного сечения.

Пример 5. Способ в соответствии с примером 4, в котором цифровые записи содержат первые цифровые записи, предназначенные для определения внешней поверхности трубного изделия, и вторые цифровые записи, предназначенные для определения внутренней поверхности трубного изделия.

Пример 6. Способ в соответствии с любым из примеров 1-5, дополнительно содержащий этап, на котором сопоставляют внешнюю поверхность и внутреннюю поверхность трубного изделия для вычисления стенки трубного изделия в трехмерном пространстве.

Пример 7. Способ в соответствии с любым из примеров 1-6, дополнительно содержащий этапы, на которых измеряют относительное положение и расстояние от геометрического центра внешней поверхности начального участка до геометрического центра внутренней поверхности начального участка; измеряют относительное положение и расстояние от геометрического центра внешней поверхности последнего участка до геометрического центра внутренней поверхности последнего участка.

Пример 8. Способ в соответствии с любым из примеров 4-7, дополнительно содержащий этап, на котором используют по меньшей мере часть цифровых записей для вычисления влияния напряжения на вычисленную стенку трубного изделия.

Пример 10. Способ в соответствии с примером 1, в котором дискретные положения диаметральных сечений равномерно разнесены по окружности.

Пример 11. Система контроля трубного изделия, причем система содержит внешний блок, содержащий по меньшей мере одно внешнее измерительное устройство; внутренний блок, содержащий по меньшей мере одно внутреннее измерительное устройство; и схему управления, связанную с внешним блоком и внутренним блоком, причем схема управления выполнена с возможностью выполнения этапов, на которых выбирают поперечное сечение трубного изделия, которое пересекает продольную ось, проходящую через трубное изделие; размещают в продольном направлении внешний блок в первом положении снаружи поперечного сечения; при нахождении внешнего блока в первом положении определяют продольное положение внешнего блока вдоль продольной оси трубного изделия; при нахождении внешнего блока в первом положении определяют окружное положение внешнего блока по окружности поперечного сечения; размещают в продольном направлении внутренний блок во втором положении внутри поперечного сечения; при нахождении внутреннего блока во втором положении определяют продольное положение внутреннего блока вдоль продольной оси трубного изделия; при нахождении внутреннего блока во втором положении определяют окружное положение внутреннего блока по окружности поперечного сечения; выбирают диаметральные сечения в дискретных положениях по окружности поперечного сечения трубного изделия; измеряют наружный диаметр и внутренний диаметр на каждом из диаметральных сечений по окружности поперечного сечения с помощью по меньшей мере одного измерительного устройства; определяют геометрический центр поперечного сечения; повторяют вышеуказанные этапы на множестве других участков трубного изделия, перпендикулярных продольной оси.

Пример 12. Система в соответствии с примером 11, в которой внешний блок содержит лазерное измерительное устройство.

Пример 13. Система в соответствии с примером 12, в которой внутренний блок содержит лазерное измерительное устройство.

Пример 14. Система в соответствии с примером 11, в которой внешний блок содержит световое измерительное устройство.

Пример 15. Система в соответствии с примером 14, в которой внутренний блок содержит световое измерительное устройство.

Пример 16. Система в соответствии с примером 11, в которой схема управления содержит память и в которой схема управления выполнена с возможностью сохранения цифровых записей наружных диаметров, внутренних диаметров и геометрического центра поперечного сечения в памяти.

Пример 17. Система в соответствии с примером 16, в которой цифровые записи содержат первые цифровые записи, предназначенные для определения внешней поверхности трубного изделия; вторые цифровые записи, предназначенные для определения внутренней поверхности трубного изделия.

Пример 18. Система в соответствии с любым из примеров 11-17, дополнительно выполненная с возможностью сопоставления внешней поверхности и внутренней поверхности трубного изделия для вычисления стенки трубного изделия в трехмерном пространстве.

Пример 19. Система в соответствии с любым из примеров 11-18, дополнительно содержащая средний блок, причем схема управления использует средний блок для выполнения этапов, на которых изме-

ряют относительное положение и расстояние от геометрического центра внешней поверхности начального участка до геометрического центра внутренней поверхности начального участка; измеряют относительное положение и расстояние от геометрического центра внешней поверхности последнего участка до геометрического центра внутренней поверхности последнего участка.

Пример 20. Система в соответствии с любым из примеров 14-19, в которой схема управления выполнена с возможностью построения виртуального трехмерного представления трубного изделия с использованием, по меньшей мере, некоторых из цифровых записей, хранящихся в памяти.

Пример 21. Способ сбора и хранения информации, представляющей внешние и внутренние диаметры трубной поверхности и соответствующие геометрические центры продольного участка, которые представляют трехмерную продольную или винтовую прямолинейность трубных изделий, причем способ содержит этапы, на которых (а) выбирают диаметрально сечение окружности трубного изделия, информация о котором, представляющая наружный диаметр, внутренний диаметр и геометрический центр продольного участка, должна быть записана в формате, считываемом цифровым компьютерным средством; (б) определяют количество и расстояние между диаметрально сечениями в дискретных положениях по окружности продольного участка трубного изделия, которые будут обеспечивать информацию, представляющую окружные наружные и внутренние диаметры трубного изделия, имеющего определенное разрешение, и геометрический центр, представляющий соответствующий продольный участок; (с) размещают в продольном направлении лазерное или световое измерительное устройство, которое выполнено с возможностью измерения внешнего диаметра и внутреннего диаметра в желаемом количестве смежных положений по окружности и измерения геометрического центра каждого соответствующего продольного участка трубного изделия во множестве смежных положений в инспектируемой области трубного изделия; (д) при нахождении лазерного или светового измерительного устройства в упомянутом положении определяют продольное положение лазерного или светового измерительного устройства вдоль оси трубного изделия; (е) при нахождении лазерного или светового измерительного устройства в упомянутом положении определяют окружное положение лазерного или светового измерительного устройства по окружности трубного изделия; (ф) при нахождении лазерного или светового измерительного устройства в упомянутом положении побуждают лазер или световое измерительное устройство к определению наружного и внутреннего диаметров и геометрического центра дискретного продольного участка трубного изделия, вблизи которого находится лазерное или световое измерительное устройство; (г) делают цифровую запись наружного и внутреннего диаметров, геометрического центра участка, продольного положения и окружного положения в соответствующей зависимости; (h) повторяют вышеуказанные этапы (с)-(г) во множестве других окружных и продольных положений выбранного участка, которые ранее не были определены и записаны, до тех пор, пока все наружные и внутренние диаметры, представляющие определенное разрешение выбранного участка, не будут определены и записаны, и представлены множеством записей, каждая из которых представляет наружный и внутренний диаметры, наружный и внутренний геометрические центры участка, продольное положение и окружное положение дискретного участка вычисленной стенки трубного изделия в соответствующей зависимости; причем вся внешняя поверхность, представленная множеством записей, и вся внутренняя поверхность, представленная множеством других записей, дополнительно связаны в трехмерном пространстве путем измерения: относительного положения и расстояния от геометрического центра внешней поверхности начального продольного участка до геометрического центра внутренней поверхности начального продольного участка и относительного положения и расстояния от геометрического центра внешней поверхности последнего продольного участка до геометрического центра внутренней поверхности последнего продольного участка.

Пример 22. Способ в соответствии с примером 21, в котором выбранный участок включает в себя внешние и внутренние диаметры всей трубной поверхности и связан с геометрическими центрами по всей длине трубного изделия и дополнительно связан с относительным положением центра внешней поверхности начального продольного участка относительно центра внутренней поверхности начального участка и относительным положением центра внешней поверхности последнего продольного участка относительно центра внутренней поверхности последнего участка.

Пример 23. Способ в соответствии с любым из примеров 21-22, в котором расстояние между дискретными участками в пределах участка внешней и внутренней поверхностей трубного изделия является таким, что каждое определение наружного и внутреннего диаметров каждого смежного дискретного участка участка внешней и внутренней поверхностей трубного изделия соответствует желаемому разрешению и в котором для каждого продольного дискретного участка определяют один геометрический центр.

Пример 24. Способ в соответствии с любым из примеров 21-23, в котором множество дискретных участков в пределах участка внешней и внутренней поверхностей трубного изделия разнесено по окружности трубного изделия для установления определенного разрешения.

Пример 25. Способ в соответствии с любым из примеров 21-24, дополнительно включающий в себя этап, на котором побуждают цифровое компьютерное средство к использованию по меньшей мере части информации, которая была записана в цифровом машиночитаемом формате, для вычисления влияния напряжений на вычисленную стенку трубного изделия.

Пример 26. Способ в соответствии с любым из примеров 21-25, дополнительно содержащий этап, на котором побуждают цифровое компьютерное средство к использованию по меньшей мере части информации, которая была записана в цифровом машиночитаемом формате, для отображения наружных диаметров и внутренних диаметров в сочетании с одним геометрическим центром каждого дискретного продольного участка трубного изделия для построения правильного виртуального трехмерного представления по всей длине трубного изделия.

Хотя различные варианты осуществления устройств описаны в настоящем документе в сочетании с определенными раскрытыми вариантами осуществления, может быть реализовано множество модификаций и изменений этих вариантов осуществления. Также в случае когда описаны материалы определенных компонентов, могут быть использованы другие материалы. Кроме того, в соответствии с различными вариантами осуществления для выполнения заданной функции или функций один компонент может быть заменен множеством компонентов и множество компонентов может быть заменено одним компонентом. Вышеприведенное описание и примеры предназначены для охвата всех таких модификаций и изменений.

Хотя настоящее изобретение описано как имеющее примерные конструкции, настоящее изобретение может быть дополнительно модифицировано в пределах замысла и объема изобретения. Следовательно, настоящая заявка предназначена для охвата любых изменений, областей применений или адаптаций изобретения с использованием его общих принципов.

Любой патент, публикация или иной полностью или частично раскрытый материал, который должен быть включен в настоящий документ путем ссылки, включен в настоящий документ только в той степени, в которой включенный материал не противоречит существующим определениям, утверждениям или иному раскрытому материалу, изложенному в настоящем описании. В связи с этим и в рамках необходимого описания, в явном виде изложенное в настоящем документе, заменяет любой противоречащий материал, включенный в настоящий документ путем ссылки. Любой материал или его часть, которая должна быть включена в настоящий документ путем ссылки, но которая противоречит существующим определениям, утверждениям или другому раскрытому материалу, изложенному в настоящем документе, будут включены в той степени, которая не приводит к противоречию между включенным материалом и раскрытым материалом.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ контроля трубного изделия, причем способ содержит этапы, на которых
 - выбирают поперечное сечение трубного изделия, которое поперечно продольной оси трубного изделия;
 - размещают в продольном направлении по меньшей мере одно измерительное устройство в некотором положении относительно поперечного сечения;
 - при нахождении измерительного устройства в упомянутом положении определяют продольное положение измерительного устройства вдоль продольной оси трубного изделия;
 - при нахождении измерительного устройства в упомянутом положении определяют окружное положение измерительного устройства по окружности поперечного сечения;
 - выбирают множество диаметральных сечений в дискретных положениях по окружности поперечного сечения;
 - строят профиль внешней поверхности на основе координат в неподвижной глобальной системе координат из одного или более измерений посредством по меньшей мере одного измерительного устройства;
 - строят профиль внутренней поверхности на основе координат в локальной системе координат из одного или более измерений посредством по меньшей мере одного измерительного устройства;
 - вычисляют наружный диаметр из профиля внешней поверхности и внутренний диаметр из профиля внутренней поверхности трубного изделия на каждом из множества диаметральных сечений по окружности поперечного сечения;
 - определяют геометрический центр поперечного сечения.
2. Способ по п.1, в котором по меньшей мере одно измерительное устройство содержит лазерное измерительное устройство.
3. Способ по п.1, в котором по меньшей мере одно измерительное устройство содержит световое измерительное устройство.
4. Способ по п.1, дополнительно содержащий этап, на котором сохраняют цифровые записи наружных диаметров, внутренних диаметров и геометрического центра поперечного сечения.
5. Способ по п.4, в котором цифровые записи содержат
 - первые цифровые записи, предназначенные для определения профиля внешней поверхности трубного изделия;
 - вторые цифровые записи, предназначенные для определения профиля внутренней поверхности трубного изделия.

6. Способ по п.5, дополнительно содержащий этап, на котором сопоставляют профиль внешней поверхности и профиль внутренней поверхности трубного изделия для вычисления стенки трубного изделия в трехмерном пространстве на основе неподвижной глобальной системы координат.

7. Способ по п.6, дополнительно содержащий этапы, на которых
измеряют относительное положение и расстояние от геометрического центра внешней поверхности начального участка до геометрического центра внутренней поверхности начального участка;
измеряют относительное положение и расстояние от геометрического центра внешней поверхности последнего участка до геометрического центра внутренней поверхности последнего участка.

8. Способ по п.7, дополнительно содержащий этап, на котором вычисляют влияние напряжений на вычисленную стенку трубного изделия с использованием, по меньшей мере, некоторых из цифровых записей.

9. Способ по п.8, дополнительно содержащий этап, на котором строят виртуальное трехмерное представление трубного изделия с использованием одной или более цифровых записей.

10. Способ по п.1, в котором дискретные положения диаметральных сечений равномерно разнесены по окружности поперечного сечения.

11. Система контроля трубного изделия, причем система содержит
внешний корпус, содержащий по меньшей мере один внешний датчик;
внутренний корпус, содержащий по меньшей мере один внутренний датчик;
схему управления, связанную по меньшей мере с одним внешним датчиком и по меньшей мере одним внутренним датчиком, причем схема управления выполнена с возможностью выбора поперечного сечения трубного изделия, пересекающего продольную ось трубного изделия;
при нахождении внешнего корпуса в первом положении определения продольного положения внешнего корпуса вдоль продольной оси трубного изделия;
при нахождении внешнего корпуса в первом положении определения окружного положения внешнего корпуса по окружности поперечного сечения;
при нахождении внутреннего корпуса во втором положении, отличном от первого положения, определения продольного положения внутреннего корпуса вдоль продольной оси трубного изделия;
при нахождении внутреннего корпуса во втором положении определения окружного положения внутреннего корпуса по окружности поперечного сечения;
выбора множества диаметральных сечений в дискретных положениях по окружности поперечного сечения трубного изделия;

построения профиля внешней поверхности на основе координат в неподвижной глобальной системе координат из одного или более измерений посредством упомянутого по меньшей мере одного внешнего датчика;

построения профиля внутренней поверхности на основе координат в локальной системе координат из одного или более измерений посредством упомянутого по меньшей мере одного внутреннего датчика;

вычисления наружного диаметра на множестве диаметральных сечений на основе профиля внешней поверхности;

определения внутреннего диаметра на множестве диаметральных сечений на основе профиля внутренней поверхности;

определения геометрического центра поперечного сечения трубного изделия.

12. Система по п.11, в которой внешний датчик представляет собой лазерное излучающее устройство.

13. Система по п.12, в которой внутренний датчик представляет собой лазерное излучающее устройство.

14. Система по п.11, в которой внешний датчик представляет собой светоизлучающее устройство.

15. Система по п.14, в которой внутренний датчик представляет собой светоизлучающее устройство.

16. Система по п.11, в которой схема управления содержит память и в которой схема управления выполнена с возможностью сохранения цифровых записей наружных диаметров, внутренних диаметров и геометрического центра поперечного сечения в памяти.

17. Система по п.16, в которой цифровые записи содержат
первые цифровые записи, предназначенные для определения профиля внешней поверхности трубного изделия;

вторые цифровые записи, предназначенные для определения профиля внутренней поверхности трубного изделия.

18. Система по п.17, в которой схема управления дополнительно выполнена с возможностью сопоставления профиля внешней поверхности и профиля внутренней поверхности трубного изделия для вычисления стенки трубного изделия в трехмерном пространстве на основе неподвижной глобальной системы координат.

19. Система по п.18, в которой схема управления дополнительно выполнена с возможностью измерения относительного положения и расстояния от геометрического центра внешней поверхности начального участка до геометрического центра внутренней поверхности начального участка;

измерения относительного положения и расстояния от геометрического центра внешней поверхно-

сти последнего участка до геометрического центра внутренней поверхности последнего участка.

20. Система по п.18, в которой схема управления дополнительно выполнена с возможностью построения виртуального трехмерного представления трубного изделия с использованием, по меньшей мере, некоторых из цифровых записей, хранящихся в памяти.

21. Система контроля трубного изделия, причем система содержит внешний корпус, содержащий внешнее светоизлучающее устройство; внутренний корпус, содержащий внутреннее светоизлучающее устройство; схему управления, связанную с внешним и внутренним светоизлучающими устройствами, причем схема управления выполнена с возможностью

выбора поперечного сечения трубного изделия, которое пересекает продольную ось, проходящую через трубное изделие;

при нахождении внешнего светоизлучающего устройства в первом положении определения продольного положения внешнего корпуса вдоль продольной оси трубного изделия;

при нахождении внешнего светоизлучающего устройства в первом положении определения окружного положения внешнего корпуса по окружности поперечного сечения;

при нахождении внутреннего светоизлучающего устройства во втором положении, отличном от первого положения, определения продольного положения внутреннего корпуса вдоль продольной оси трубного изделия;

при нахождении внутреннего светоизлучающего устройства во втором положении определения окружного положения внутреннего корпуса по окружности поперечного сечения;

выбора диаметральных сечений в дискретных положениях по окружности поперечного сечения трубного изделия;

построения профиля внешней поверхности диаметральных сечений на основе координат в неподвижной глобальной системе координат из одного или более показаний внешнего светоизлучающего устройства;

построения профиля внутренней поверхности диаметральных сечений на основе координат в локальной системе координат из одного или более показаний внутреннего светоизлучающего устройства;

вычисления наружного диаметра диаметральных сечений из профиля внешней поверхности;

вычисления внутреннего диаметра диаметральных сечений из профиля внутренней поверхности;

определения геометрического центра поперечного сечения.

22. Система по п.21, в которой схема управления содержит память и в которой схема управления выполнена с возможностью сохранения цифровых записей внутренних диаметров, наружных диаметров и геометрического центра поперечного сечения в памяти.

23. Система по п.22, в которой цифровые записи содержат

первые цифровые записи, предназначенные для определения профиля внешней поверхности трубного изделия;

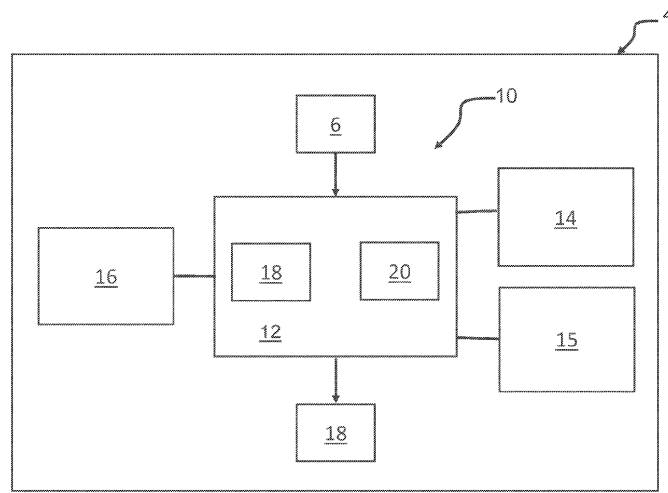
вторые цифровые записи, предназначенные для определения профиля внутренней поверхности трубного изделия.

24. Система по п.23, в которой схема управления дополнительно выполнена с возможностью сопоставления внешней поверхности и внутренней поверхности трубного изделия для вычисления стенки трубного изделия в трехмерном пространстве на основе неподвижной глобальной системы координат.

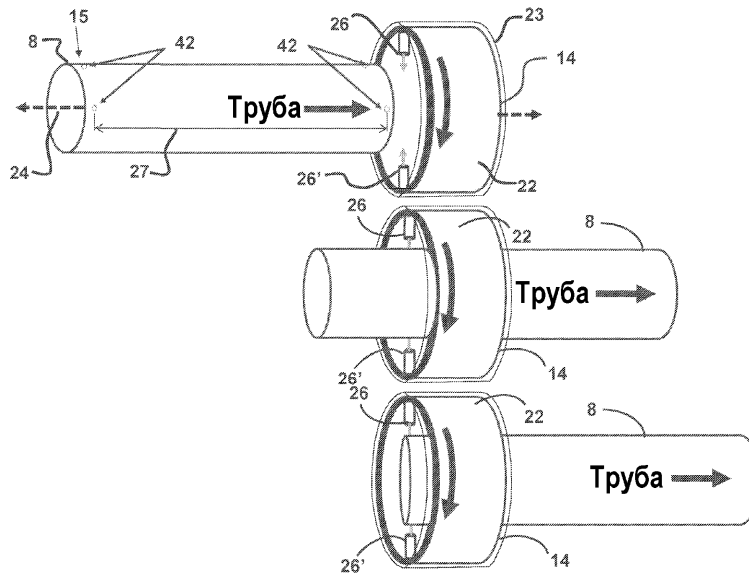
25. Система по п.24, в которой схема управления дополнительно выполнена с возможностью измерения относительного положения и расстояния от геометрического центра внешней поверхности начального участка до геометрического центра внутренней поверхности начального участка;

измерения относительного положения и расстояния от геометрического центра внешней поверхности последнего участка до геометрического центра внутренней поверхности последнего участка.

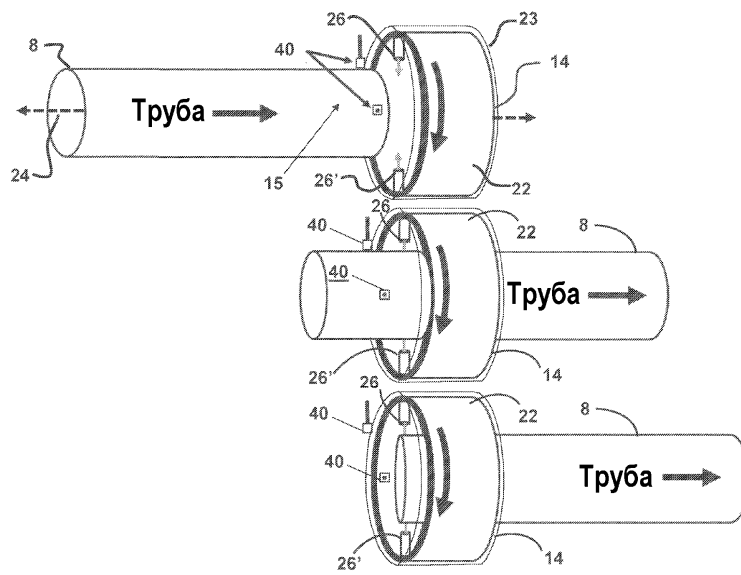
26. Система по п.25, в которой схема управления дополнительно выполнена с возможностью построения виртуального трехмерного представления трубного изделия с использованием, по меньшей мере, некоторых из цифровых записей, хранящихся в памяти.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

