

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **035636**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.07.20**

(51) Int. Cl. **G01B 11/24** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201800429**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.07.24**

---

(54) **УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ  
ИЗДЕЛИЯ**

---

(31) **2017146286**

(56) SU-A1-679844  
RU-A-2012125359  
RU-C1-2531037  
RU-U1-130065  
US-B1-6449036

(32) **2017.12.27**

(33) **RU**

(43) **2019.06.28**

(96) **2018000091 (RU) 2018.07.24**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "УРАЛЬСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА  
РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА" (RU)**

(72) Изобретатель:  
**Пестерев Сергей Николаевич,  
Бочкарев Юрий Владимирович (RU)**

---

(57) Изобретение относится к средствам контрольно-измерительной техники, а именно к автоматизированным бесконтактным измерительным устройствам для контроля геометрических параметров профиля поверхности, в частности резьбы труб, замковых муфт и подобных изделий, включающих резьбу. Устройство контроля геометрических параметров поверхности изделия содержит оптический измеритель (1), установленный на углепластиковой консоли (23), механический подвижный модуль, узел управления (5). Механический подвижный модуль представлен рамой (16), узлом вертикального перемещения (17), платформой (18) и узлом эксцентриситета (19), на котором установлена углепластиковая консоль (23). Последняя снабжена узлом микроперемещений (24) оптического измерителя (1). Узел управления (5) выполнен с возможностью синхронизации выходных сигналов и пространственного положения оптического измерителя (1) и с возможностью обмена данными с внешним узлом вычислительной техники (6). Технический результат заключается в компенсации погрешностей, возникающих вследствие эксплуатационных условий при проведении измерений геометрических параметров поверхности изделия и особенностей конструкции изделия.

---

**035636**  
**B1**

**035636**  
**B1**

### **Область техники**

Изобретение относится к средствам контрольно-измерительной техники, а именно к автоматизированным бесконтактным измерительным устройствам для контроля геометрических параметров профиля поверхности, в частности резьбы труб, замковых муфт и подобных изделий, включающих резьбу. Изобретение может быть использовано, в частности, в металлургической и нефтегазовой промышленности.

### **Уровень техники**

Из уровня техники известны различные технические решения, предназначенные для контроля геометрических параметров поверхности изделия, в частности резьбы.

В одном примере из уровня техники раскрыто устройство для контроля резьбового участка трубы (патент на полезную модель RU 19915, опубл. 10.10.2001). Устройство содержит средства для съема информации, механизм сканирования, выполненный в виде цилиндрической трубы, координатный стол. Механизм сканирования выполнен с возможностью вращения вокруг продольной оси. Координатный стол выполнен с возможностью перемещения вдоль продольной оси контролируемого изделия. Средства для съема информации представлены полупроводниковыми лазерами и фотоприемными матрицами.

Однако известное решение, в частности, не позволяет обеспечить всесторонние измерения контролируемого изделия, так как подвижные элементы устройства обеспечивают движение средства съема информации только вокруг и вдоль продольной оси контролируемого изделия.

В другом примере из уровня техники раскрыто устройство для сканирования контролируемых объектов (патент на изобретение RU 2597147, опубл. 10.09.2016). Устройство содержит датчик, используемый для сканирования контролируемой поверхности объекта, который крепится на опоре, приводимой в движение электродвигателем.

Однако известное решение также не сможет обеспечить всесторонних измерений контролируемого изделия в силу неполноты пространственного передвижения датчика.

Наиболее близким к настоящему изобретению по назначению и совокупности существенных признаков является техническое решение, раскрытое в патенте на изобретение RU 2477453 (опубл. 10.03.2013). Прибор для измерения параметров резьбы содержит подвижную механическую систему, лазерный бесконтактный датчик, средства синхронизации выходных сигналов датчика с пространственным положением подвижной механической системы и компьютер. Лазерный бесконтактный датчик установлен на механической системе при помощи опоры. Механическая система выполнена с возможностью направлять датчик в соответствии с различными типами сканирования. Компьютер предназначен для управления механической системой и датчиком, создания компьютерных изображений формы резьбы сканируемого объекта, для хранения изображений и анализа компьютерных изображений для получения количественной информации о таких характеристиках резьбы, как скос, диаметр уплотнения и овальность, заход, сбеги, диаметр резьбы, шаг вдоль нескольких образующих трубы и высота ступени.

Однако известное техническое решение обладает рядом недостатков. В частности, опора согласно описанию выполнена из алюминия, что снижает диапазон условий, в которых возможна эксплуатация прибора без снижения надежности уровня погрешности измерений, на основе которых осуществляется контроль резьбы. Более того, в известном приборе узлы перемещения позволяют установить экспозицию измерительного датчика относительно системы координат объекта контроля (поверхности изделия) согласно его габаритам, но не позволяют компенсировать погрешности измерений для изделий, конструктивное выполнение которых требует более тонкой установки экспозиции измерительного датчика непосредственно в ходе процесса измерения.

### **Раскрытие сущности изобретения**

В основу настоящего изобретения положена техническая задача повышения надежности контроля при проведении измерений геометрических параметров поверхности изделия, в частности его внутренней и внешней резьбы.

Технический результат заключается в компенсации погрешностей, возникающих вследствие эксплуатационных условий при проведении измерений геометрических параметров поверхности изделия и особенностей конструкции изделия.

Согласно изобретению технический результат достигается за счет того, что устройство контроля геометрических параметров поверхности изделия содержит оптический измеритель, установленный на опоре, механический подвижный модуль, который выполнен с возможностью изменять пространственное положение опоры с оптическим измерителем, узел управления, выполненный с возможностью синхронизации выходных сигналов и пространственного положения оптического измерителя и с возможностью обмена данными с внешним узлом вычислительной техники, при этом механический подвижный модуль дополнительно снабжен узлом эксцентриситета, опора представлена углепластиковой консолью, установленной на узел эксцентриситета и снабженной узлом микроперемещений оптического измерителя.

В частности, оптический измеритель представлен двумерным оптоэлектронным датчиком.

В частности, узел микроперемещений оптического измерителя снабжен датчиком перемещения, представленного энкодером.

В частности, механический подвижный модуль представлен рамой, выполненной с возможностью горизонтального перемещения на опорной плоскости, узлом вертикального перемещения, который уста-

новлен на названной раме, платформой, выполненной с возможностью вращения и установленной на узле вертикального перемещения.

В частности, механический подвижный модуль снабжен датчиками перемещения, представленными энкодерами и установленными на каждом узле, который выполнен с возможностью перемещения или вращения.

Совокупность существенных признаков предлагаемого решения по сравнению с прототипом включает отличительные признаки, а именно включение в механический подвижный модуль дополнительного узла эксцентриситета, исполнение опоры в виде углепластиковой консоли, установленной на узел эксцентриситета и снабженной узлом микроперемещений оптического измерителя. Следовательно, можно предположить, что настоящее изобретение соответствует условию патентоспособности "Новизна".

В ходе анализа патентной и научно-технической литературы не была установлена известность влияния отличительных признаков настоящего изобретения на обеспечиваемый им технический результат. Следовательно, можно предположить, что настоящее изобретение соответствует условию патентоспособности "Изобретательский уровень".

Осуществление настоящего изобретения возможно с использованием известных материалов и изделий. Следовательно, можно предположить, что настоящее изобретение соответствует условию патентоспособности "Промышленная применимость".

#### **Краткое описание чертежей**

Настоящее изобретение проиллюстрировано следующими чертежами:

на фиг. 1 представлена структурная схема устройства контроля геометрических параметров поверхности изделия;

на фиг. 2 - изображение в перспективе устройства контроля геометрических параметров поверхности изделия;

на фиг. 3 - изображение сбоку устройства контроля геометрических параметров поверхности изделия;

на фиг. 4 - изображение консоли с оптическим измерителем и устройством его микроперемещений.

#### **Осуществление изобретения**

Устройство контроля геометрических параметров поверхности изделия является комплексным контрольно-измерительным средством, предназначенным для стационарной эксплуатации в цехах, лабораториях, а также в составе конвейерных линий. Устройство позволяет производить 3D сканирование и комплексное измерение геометрических параметров поверхности цилиндрических изделий, в частности резьбы труб, замковых муфт и т.п.

С использованием устройства обеспечивается 100% бесконтактное сканирование поверхности резьбы с высокой точностью, выявляются все виды брака. Результатом сканирования является облако точек измеряемой поверхности в абсолютных величинах с требуемыми метрологическими характеристиками, а также геометрические параметры согласно применяемого на предприятии стандарта, ГОСТ, API в табличной и графической форме.

В том случае, если в качестве объекта измерений выступает резьба трубы, в качестве контролируемых параметров могут выступать параметры резьбы согласно стандартам в системе ГОСТ и API: шаг резьбы, высота профиля, углы наклона сторон профиля, радиус закругления вершины профиля, радиус закругления впадины профиля, угол наклона, конусность, диаметр цилиндрической выточки, угол заходной фаски, натяг по резьбовому калибру, перпендикулярность торца муфты относительно оси резьбы, соосность, разность диаметров резьбы (овальность), форма профиля резьбы в соответствии с ГОСТ 633-80, API 5CT 9ed, API 5B. В указанных стандартах приводится перечень параметров, являющихся обязательными к измерению для осуществления надежной эксплуатации соединений данного типа, однако для целей настоящей заявки перечень приведенных выше параметров является примерным, но не исчерпывающим. Предполагается, что изделие с резьбой перед проведением измерения очищают от загрязнений, ржавчины и т.п. с помощью стороннего оборудования.

Дефекты резьбовых соединений включают в себя отсутствие вершины резьбы, царапины и задиры на склонах профиля, разрыв резьбы, несоответствие конусности и среднего диаметра, несоосность, поверхностные дефекты.

Как показано на фиг. 1, локальная сеть устройства связывает оптический измеритель 1, плату приема сигналов датчиков перемещения 3, плату управления двигателями 4 и узел управления 5. Взаимодействие указанных узлов обеспечивается Ethernet линией связи 2 по протоколам из стека TCP/IP. Узел управления 5 выполнен с возможностью взаимодействия с внешним узлом вычислительной техники, например с компьютером или с локальной сетью автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) цеха 6. Плата приема сигналов 3 взаимодействует с датчиками перемещения, которые представлены энкодерами 8. Плата управления 4 взаимодействует с двигателями 8. Энкодеры 7 и двигателя 8 связаны с источником питания 9.

Сбор данных об объекте контроля 10 осуществляется оптическим измерителем 1, который включает лазерный источник 11, матрицу 12, объектив 13, светофильтр 14. В зависимости от типа контролируемой поверхности оптический измеритель 1 может быть представлен оптоэлектронными датчиками про-

филя поверхности или теневыми двумерными датчиками.

Узел управления 5 выполнен с возможностью приема данных об объекте контроля с внешнего узла вычислительной техники 6. Принимаемые данные, в частности, могут включать в себя

- таблицу допусков на измеряемые параметры;
- типоразмер/диаметр резьбового соединения;
- флаг запроса измерения соосности муфты;
- маску раздельного измерения для контроля фасонных изделий.

На фиг. 2 представлено изображение устройства контроля геометрических параметров поверхности изделия.

Подвижный механический модуль устанавливается на опорной плоскости 15, роль которой выполняет оптический стол, выполненный по принципу ячеистой конструкции. Такой стол обеспечивает достаточную плоскостность, позволяет установить необходимые механизмы и узлы с использованием базовых отверстий, а также позволяет выполнять дополнительные отверстия без приложения значительных усилий.

Подвижный механический модуль состоит из рамы 16, узла вертикального перемещения 17, платформы 18 и узла эксцентриситета 19. Рама 16 устанавливается на опорной плоскости 16 и выполнена с возможностью горизонтального перемещения относительно опорной плоскости в рельсах 20. Узел вертикального перемещения 17 установлен на раме 16. Для осуществления перемещения подвижных элементов могут быть использованы либо линейные двигатели, либо привод, состоящий из шариковинтовой пары и двигателя (серводвигателя или шагового двигателя). Также в устройстве применены прецизионные направляющие, исключая осевые люфты при перемещении. Обратная связь о величине перемещения подвижных элементов осуществляется при помощи датчиков движения, которые могут быть представлены энкодерами или магнитно-стрикционными датчиками. Также для перемещения рамы 16 использована схема с двумя линейными шариковыми подшипниками, расположенными по краям, и шариковинтовая пара, которая располагается предпочтительно по центру опорной поверхности 15.

Платформа 18 может быть выполнена на едином подшипнике, внешнее кольцо которого крепится на узел вертикального перемещения 17, а на внутреннем кольце размещен узел эксцентриситета 19. Подшипник состоит из упорно/радиального посадочного кольца, упорно/радиального кольца вала, упорной шайбы, двух сборных обойм игольчатых роликов и группы соосных цилиндрических роликов. Посадочное кольцо и кольцо вала имеют обработанные, равномерно распределенные отверстия и винты. Указанный подшипник имеет высокую нагрузочную способность в осевом и радиальном направлении, высокую жесткость на изгиб и высокую точность. Платформа 18 снабжена шкивом 21 для ременного привода. Двигатель с ведущим шкивом и роликом натяжителя устанавливается на приводную часть. Применяются поликлиновые ремни 22, имеющие высокую надежность. Дополнительно платформа снабжена инкрементным датчиком обратной связи.

Узел эксцентриситета 19 выполнен на специальной несущей пластине, которая крепится на внутреннее кольцо подшипника платформы 18 и к подвижной пластине. Перемещение подвижной пластины обеспечивается с помощью передачи вращающего момента с шагового двигателя на зубчатое колесо, которое находится в зацеплении с зубчатой рейкой. Расположение зуба выполнено под углом 45°, что минимизирует возможные люфты. Подвижная пластина базируется на паре рельсов с преднагруженными шариковыми каретками. Дополнительно на механизме устанавливается специальный тормоз, который управляется электромагнитным механизмом. Тормоз устраняет все возможные движения подвижной пластины относительно несущей при вращении.

К подвижной пластине узла эксцентриситета крепится консоль 23 посредством торцевой муфты. Данный узел является самым ответственным в системе. К консоли предъявляются повышенные требования к изгибу и температурным расширениям.

Консоль состоит из двух углепластиковых труб, выполненных в виде коаксиальной клееной конструкции. Одна труба находится в другой трубе концентрично. Трубы закрепляются между собой торцевыми креплениями с помощью клея. С другой стороны к коаксиальной конструкции крепится оптический измеритель 1 с узлом его микроперемещений 24. Углепластиковые трубы - это трубы из полимерного композиционного материала из переплетённых нитей углеродного волокна, расположенных в матрице из полимерных смол. Материал отличается высокой прочностью, жесткостью и малой массой, намного прочнее стали, но гораздо легче. Учитывая длину консоли, ограниченный рабочий температурный диапазон и требуемые точности, можно сделать вывод, что консоль будет давать погрешность, стремящуюся к нулю.

Узел микроперемещений 24 оптического измерителя обеспечивает расширение рабочего диапазона датчика и компенсирует собственную конусность поверхности резьбы труб. Узел располагается на свободном торце коаксиальной трубной конструкции, состоит из двух микрорельсов с каретками типа "кроссролер", прецизионного двигателя с редуктором и энкодерного инкрементного датчика, выход которого соединен непосредственно с оптическим измерителем 1. Данные с энкодера объединяются с выходными сигналами оптического измерителя 1 в реальном времени посредством узла управления 5. Узел микроперемещений 24 при работе устройства находится постоянно в преднагруженном состоянии и по-

этому выполняется более точно, чем составляющие механического подвижного модуля. Вес, который переносит узел 24 (вес оптического измерителя), несравнимо меньше веса всей консоли. Эти конструктивные решения дают возможность удерживать возможные люфты на уровне 1 мкм.

Устройство работает следующим образом.

Цикл настройки устройства на типоразмер трубы состоит в получении от системы АСУ цеха диаметра трубы. Далее узел управления 6 рассчитывает требуемое положение оси вращения консоли 23 и размера эксцентриситета. Механический подвижный модуль выходит в предварительное положение. Выставляется требуемый эксцентриситет. Включается механизм тормоза. Оптический измеритель 1 перемещается к торцу трубы, при нахождении трубы производит один оборот, определяет расхождение по координатам X и Y и дает команду на корректировку пространственного положения. Результатом данной операции является точное соосное положение трубы и устройства.

После выполнения данной операции начинается основной измерительный цикл. При этом устройство обеспечивает одновременное перемещение оптического измерителя вглубь трубы и его вращение. Шаг вращения и шаг передвижения подбирается таким образом, чтобы сканирование происходило по спирали, при этом каждый следующий шаг захватывал часть поверхности, отсканированной при предыдущем вращении. Управление двигателями производится при помощи программного обеспечения, установленного на узле управления 5. Поэтому в случае если 100% контроль поверхности резьбы не требуется, то устройство может быть перестроено на другой режим сканирования: с большим шагом вращения или на режим измерения по сечениям.

Результатом работы устройства является получение облака точек контролируемой поверхности изделия в абсолютных координатах с требуемыми метрологическими характеристиками.

Первичной метрологической информацией являются выходные сигналы оптического измерителя 1, которые передают в узел управления 6 мгновенный профиль поверхности, находящийся в рабочем диапазоне оптического измерителя 1. Дополнительная информация (информация о пространственном положении измерителя 1 относительно нуля системы координат устройства) поступает от энкодеров, которые установлены на всех движущихся узлах механического подвижного модуля.

После проведения контроля узел управления 5 передает на внешний узел вычислительной техники 6, в частности, следующие данные:

- результаты измерения геометрических параметров поверхности изделия;
- таблицу допускового контроля параметров резьбы, содержащую флаги "годен/брак" для каждого параметра резьбы;
- массив точек измеренных сечений;
- флаг наличия сколов резьбы;
- таблицу результатов измерения внутреннего диаметра;
- таблицу результатов измерения внешнего диаметра в характерных сечениях;
- результат измерения толщины стенки с флагом допуска;
- таблицу флагов допускового контроля калибровки измерительных каналов станда;
- сигнал результатов самоконтроля измерительной системы.

Таким образом, использование настоящего изобретения при контроле геометрических параметров поверхности изделий позволяет компенсировать погрешности, возникающие вследствие эксплуатационных условий и собственно конструкции (включая возможные дефекты) изделия, которое является объектом контроля. Тем самым решается задача повышения надежности контроля при проведении измерений геометрических параметров поверхности изделия.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

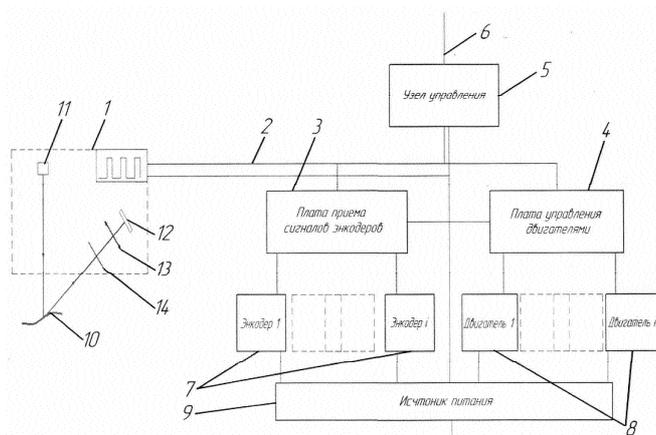
1. Устройство контроля геометрических параметров поверхности цилиндрического изделия, содержащее оптический измеритель, установленный на опоре, механический подвижный модуль, который выполнен с возможностью изменять пространственное положение опоры с оптическим измерителем, узел управления, выполненный с возможностью синхронизации выходных сигналов и пространственного положения оптического измерителя и с возможностью обмена данными с внешним узлом вычислительной техники, отличающееся тем, что механический подвижный модуль дополнительно снабжен узлом регулировки эксцентриситета, опора представлена углепластиковой консолью, установленной на узел регулировки эксцентриситета и снабженной узлом микроперемещений оптического измерителя.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оптический измеритель может быть представлен двухмерным оптоэлектронным датчиком.

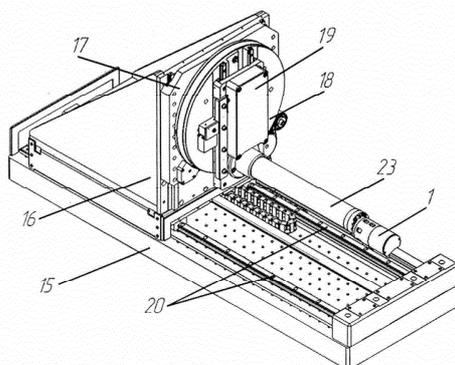
3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что узел микроперемещений оптического измерителя снабжен датчиком перемещения, представленного энкодером.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что механический подвижный модуль представлен рамой, выполненной с возможностью горизонтального перемещения на опорной плоскости, узлом вертикального перемещения, который установлен на названной раме, платформой, выполненной с возможностью вращения и установленной на узле вертикального перемещения.

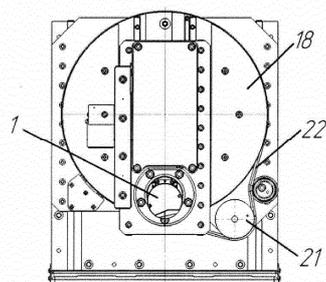
5. Устройство по п.1, отличающееся тем, что механический подвижный модуль снабжен датчиками перемещения, представленными энкодерами и установленными на каждом узле, который выполнен с возможностью перемещения или вращения.



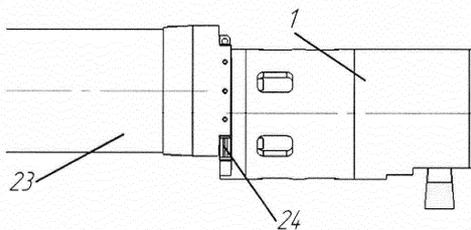
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4