



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 163 369** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>7</sup> **G 01 N 19/08, G 01 B 7/28, 7/13**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 2000114470/28, 08.06.2000

(24) Дата начала действия патента: 08.06.2000

(46) Дата публикации: 20.02.2001

(56) Ссылки: US 4443948 A, 24.04.1984. WO 96/13699 A1, 09.05.1996. EP 0999428 A1, 10.05.2000. GB 2088554 A, 09.06.1982. US 3974680 A, 17.08.1976. US 5299359 A, 05.04.1994. FR 2383426 A1, 06.10.1978. SU 1768941 A1, 15.10.1992. US 5148106 A, 15.09.1992.

(98) Адрес для переписки:  
140500, Московская обл., г. Луховицы, РУПС,  
а/я 24, Храпову С.Н.

(71) Заявитель:  
ЗАО "Нефтегазкомплектсервис"

(72) Изобретатель: Сапельников Ю.А.,  
Козырев Б.В., Добров М.В., Зеленов  
Е.Ю., Тягунов А.В.

(73) Патентообладатель:  
ЗАО "Нефтегазкомплектсервис"

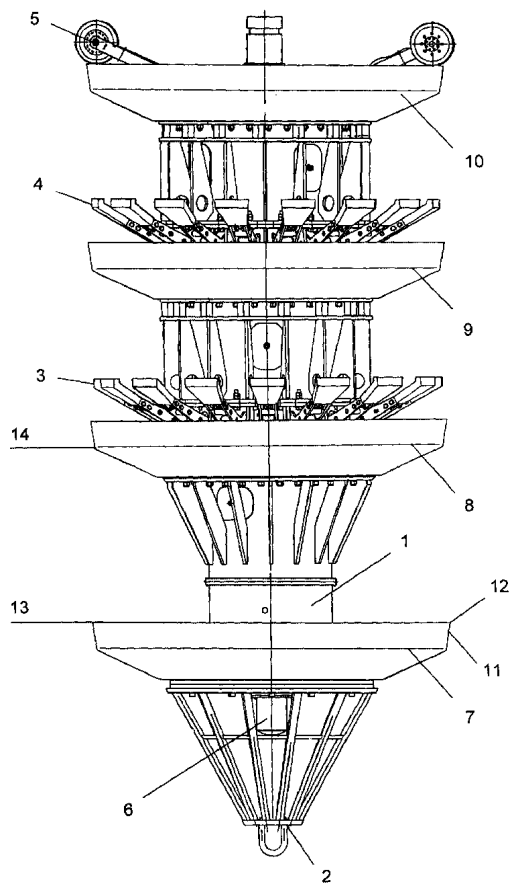
(54) **ВНУТРИТРУБНЫЙ ДЕФЕКТОСКОП**

(57) Реферат:

Дефектоскоп предназначен для контроля полости магистральных нефтегазопродуктопроводов. На корпусе дефектоскопа закреплен пояс чувствительных рычагов, прижимаемых к внутренней поверхности трубопровода. В корпусе размещены средства обработки и хранения измеренных данных, одометрическая система и электромагнитный маркерный передатчик для определения положения дефектоскопа внутри трубопровода. Отклонения рычагов измеряются датчиками угла поворота на основе элементов Холла с одновременным измерением температуры датчиков. Перед поясом чувствительных рычагов установлены две эластичные манжеты, плотно прилегающие к поверхности трубопровода. Область между первой и второй манжетами сообщается с областью после второй манжеты через сквозные отверстия в манжете и/или корпусе. Контроль температуры элементов Холла позволяет вносить коррективы в данные измерений. Конструктивное выполнение манжет обеспечивает сглаживание резких изменений температуры и градиенты температуры элементов Холла. 9 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2 163 369 C1

RU 2 163 369 C1



Фиг.1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 163 369** <sup>(13)</sup> **C1**  
 (51) Int. Cl.<sup>7</sup> **G 01 N 19/08, G 01 B 7/28, 7/13**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

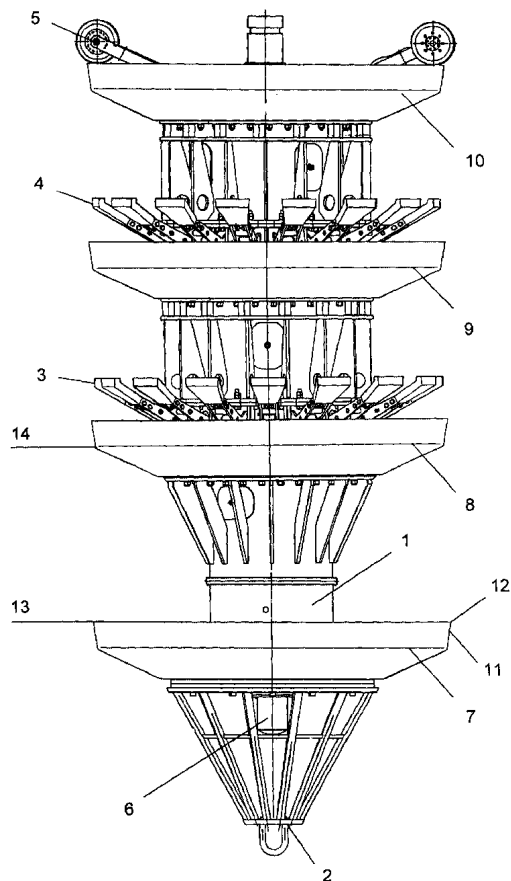
(21), (22) Application: 2000114470/28, 08.06.2000  
 (24) Effective date for property rights: 08.06.2000  
 (46) Date of publication: 20.02.2001  
 (98) Mail address:  
 140500, Moskovskaja obl., g. Lukhovitsy,  
 RUPS, a/ja 24, Khrapovu S.N.

(71) Applicant:  
 ZAO "Neftegazkomplektservis"  
 (72) Inventor: Sapel'nikov Ju.A.,  
 Kozyrev B.V., Dobrov M.V., Zelenov  
 E.Ju., Tjaganov A.V.  
 (73) Proprietor:  
 ZAO "Neftegazkomplektservis"

(54) **INTRAPIPE FLAW DETECTOR**

(57) Abstract:

FIELD: inspection of space of main oil and gas product lines. SUBSTANCE: belt of sensitive levers pressed against internal surface of pipe-line is fixed on body of flaw detector. Body houses means processing and storing measured data, odometer system and electromagnetic marking transmitter determining position of flaw detector inside pipe-line. Deviations of levers are measured by transmitters of angle of turn based on Hall elements with simultaneous measurement of temperature. Two elastic collars fitting snugly to surface of pipe-line are placed in front of belt of sensitive levers. Area between first and second collars communicates with area downstream of second collar through holes in collar and/or body. Test of temperature of Hall elements enables corrections to be introduced into given measurements. Structural implementation of collars provides for smoothing of abrupt changes of temperature and of temperature gradient of Hall elements. EFFECT: improved functional reliability of flaw detector. 9 cl, 4 dwg



Фиг.1

RU 2 163 369 C1

RU 2 163 369 C1

Изобретение относится к устройствам для внутритрубного неразрушающего контроля трубопроводов, а именно для контроля профиля полости уложенных магистральных нефтегазопроductопроводов путем пропуска внутри контролируемого трубопровода устройства с установленными на корпусе средствами измерения дефектов полости трубопровода, средствами обработки и хранения данных измерений, продвигающегося внутри трубопровода за счет транспортируемого по трубопроводу потока жидкости (газа).

Известно устройство для выявления деформированных участков труб и трубопроводов, описанное в а.с. СССР SU 1768941, МПК: С 01 В 7/12, дата публикации 15.10.92.

Устройство включает корпус для пропуска внутри контролируемого трубопровода, установленные на корпусе средства измерений, обработки и хранения данных измерений, множество чувствительных рычагов, установленных на корпусе вокруг главной оси корпуса, прижимаемых пружинами к внутренней поверхности трубопровода и скользящих по указанной поверхности, на корпусе установлены две эластичные манжеты по разные стороны от пояса рычагов.

Рычаги кинематически связаны с двумя дисками, которые в свою очередь кинематически связаны с датчиками взаимного перемещения дисков. Отклонение любого из чувствительных рычагов приводит к изменению расстояния между дисками, которое измеряется с помощью реостатных датчиков. Измеряя расстояние между дисками, определяют наличие деформации в сечении трубопровода.

Однако по данным о расстоянии между дисками не может быть определена ориентация дефекта в сечении трубопровода, и не может быть идентифицировано различие между деформацией трубы и наличием, например, вваренного в трубу предмета. Кроме того, в результате многократных поворотов контакты реостатных датчиков меняют свойства, особенно при использовании в агрессивной среде, в результате чего показания датчиков становятся нестабильными.

Известно устройство для точного измерения формы цилиндрической поверхности, описанное в патенте США US 4186494, МПК: С 01 В 7/12, дата публикации 05.02.80, (патентные документы - аналоги: DE 2810552, FR 2383426, GB 1585443), а также устройство для измерения внутренних размеров труб, описанное в патенте США US 5299359, МПК: С 01 В 7/12, дата публикации 05.04.94 (патентный документ - аналог: EP 0307383).

Устройство включает корпус с установленными на нем манжетами диаметром меньше диаметра контролируемого трубопровода для пропуска внутри контролируемого трубопровода, установленные на корпусе средства измерений, множество чувствительных рычагов, осесимметрично установленных на корпусе по его периметру в сечении трубопровода, прижимаемых пружинами к внутренней поверхности трубопровода и скользящих по указанной поверхности. Каждый из рычагов кинематически связан с

соответствующим ему датчиком перемещения. Сигналы с датчиков перемещения, соответствующие изменению положения чувствительных рычагов, обрабатываются средствами обработки, установленными в корпусе дефектоскопа, и передаются на средства хранения данных, находящиеся вне корпуса дефектоскопа.

Необходимость связи дефектоскопа со средствами хранения измеренных данных ограничивает длину трубопровода, которая может быть проконтролирована и делает невозможным внутритрубный контроль магистральных трубопроводов.

Зазоры между рычагами превышают ширину рычагов в месте контакта рычагов с внутренней поверхностью трубопровода, в результате чего многие локальные дефекты, размер которых в плоскости сечения трубы меньше величины зазора между рычагами, не регистрируются.

Известен внутритрубный обнаружитель утечек для контроля трубопроводов на целостность, описанный в патенте США US 3974680, МПК: С 01 М 3/00, дата публикации 17.08.76 (патентные документы - аналоги: CA 1055138, DE 2622600, FR 2312726, GB 1547301, IT 1061312, JP 1144689, NL 7605706).

Устройство включает корпус для пропуска внутри контролируемого трубопровода. На корпусе установлены средства измерений и хранения данных измерений. Корпус состоит из двух подвижно соединенных секций, на каждой из секций корпуса установлены по две манжеты. На второй секции в направлении от носовой части корпуса вокруг главной оси указанной секции корпуса установлено множество рычагов, чувствительных к неровностям поверхности трубы, таким как сварные швы, прижимаемых пружинами к внутренней поверхности трубопровода, так что перед поясом рычагов в направлении от носовой части корпуса установлены три манжеты. Носовая часть первой секции корпуса дефектоскопа с установленной на ней первой от носовой части корпуса манжетой образует глухую стенку. Область транспортируемой среды между первой и второй манжетами сообщается с областью транспортируемой среды после второй манжеты через сквозные отверстия во второй манжете, с областью после четвертой манжеты через отверстия в корпусе дефектоскопа и с областью между третьей и четвертой манжетами через клапан.

В теле рычагов установлены магниты. На корпусе вокруг его главной оси установлено множество датчиков, чувствительных к магнитному полю вблизи рычагов, так что каждый датчик чувствителен к изменению положения соответствующего ему рычага. Пространство между магнитом рычага и датчиком магнитного поля может заполняться средой, транспортируемой по трубопроводу в процессе контроля.

Описанная система характеризуется сильной нелинейностью магнитного поля в области датчика магнитного поля в зависимости от расстояния между магнитом и датчиком магнитного поля. Показания датчика магнитного поля зависят от транспортируемой внутри трубопровода среды, в частности при перекачке загрязненной жидкости или при перемешивании в транспортируемой нефти сдираемых манжетами со стенок трубы

парафинов, которые, как правило, содержат мусор. Попадание в указанное пространство железосодержащего мусора вместе с транспортируемой средой делает невозможным выполнение корректных измерений.

Известно устройство для контроля внутренней геометрии, описанное в патенте США US 4443948, МПК: С 01 В 7/12, дата публикации 24.04.84 (патентные документы - аналоги: AU 530003, AU 7598181, CA 1166002, DE 3174184D, EP 0051912, GB 2088059, JP 57088310, NO 157313B, NO 157313C, NO 812763, ZA 8105628).

В одном из описанных предпочтительных исполнений устройство включает в себя корпус для пропуска внутри контролируемого трубопровода, средства измерения и хранения данных измерений, пояс чувствительных рычагов, осесимметрично установленных на корпусе по периметру в сечении трубопровода, прижимаемых пружинами к внутренней поверхности трубопровода и скользящих по указанной поверхности, на корпусе установлены две манжеты по разные стороны от пояса чувствительных рычагов.

В другом предпочтительном исполнении устройство включает в себя корпус для пропуска внутри контролируемого трубопровода, средства измерения и хранения данных измерений. Корпус состоит из двух подвижно связанных между собой секций. На первой секции в направлении от носовой части корпуса установлен пояс чувствительных рычагов вокруг главной оси первой секции, прижимаемых пружинами к внутренней поверхности трубопровода и скользящих по указанной поверхности. На первой секции установлены две манжеты по разные стороны от пояса чувствительных рычагов.

На второй секции установлены три пояса чувствительных рычагов вокруг главной оси второй секции, прижимаемых пружинами к внутренней поверхности трубопровода и скользящих по указанной поверхности. На второй секции установлены две манжеты, так что перед первым и вторым поясом рычагов в направлении от носовой части второй секции установлена одна манжета, а перед третьим поясом рычагов установлены две манжеты.

В обоих предпочтительных исполнениях чувствительный рычаг включает в себя чувствительную к магнитному полю катушку и является элементом датчика угла поворота индукционного типа, включающего в себя источник переменного магнитного поля. Пространство вокруг чувствительной катушки может заполняться транспортируемой по трубопроводу средой.

Источник переменного магнитного поля имеет большую потребляемую мощность в сравнении с мощностью, потребляемой электронными средствами измерения и хранения данных. В условиях ограниченной емкости источника питания и большого числа измерительных каналов (соответственно большого числа датчиков угла поворота) это ограничивает максимальную длину магистрального трубопровода, которая может быть обследована за один диагностический пропуск.

Показания датчика зависят от транспортируемой внутри трубопровода среды, в частности при перекачке загрязненной жидкости или при

перемешивании в транспортируемой нефти сдираемых манжетами со стенок трубы парафинов, которые, как правило, содержат мусор. Попадание в область чувствительной к магнитному полю катушки в рычаге железосодержащего мусора вместе с транспортируемой средой приводит к искажению электромагнитного поля и, соответственно, искажению результатов измерений изменения поля, вызванного поворотом чувствительного рычага.

Известно устройство для контроля трубопроводов, описанное в Международной заявке WO 96/13699, МПК: С 01 В 7/28, дата публикации 09.05.96

В одном из предпочтительных исполнений устройство включает в себя корпус для пропуска внутри контролируемого трубопровода, средства измерения и хранения данных измерений, пояс чувствительных рычагов, установленных на корпусе вокруг главной оси корпуса, прижимаемых к внутренней поверхности трубопровода и скользящих по указанной поверхности, на корпусе установлены две манжеты по разные стороны от пояса чувствительных рычагов.

Наиболее близким к заявленному изобретению является другое предпочтительное исполнение устройства, описанное в указанной Международной заявке WO 96/13699, которое включает в себя корпус для пропуска внутри контролируемого трубопровода, средства измерения, обработки и хранения получаемых данных измерений. Корпус состоит из двух подвижно связанных между собой секций. На первой секции в направлении от носовой части корпуса установлены две манжеты.

На второй секции установлен пояс чувствительных рычагов вокруг главной оси второй секции, прижимаемых к внутренней поверхности трубопровода и скользящих по указанной поверхности, а также множество датчиков угла поворота. На второй секции после пояса рычагов в направлении от носовой части корпуса установлена манжета. Каждый из чувствительных рычагов кинематически связан с соответствующим ему датчиком угла поворота, носовая часть корпуса дефектоскопа с установленной на нем первой от носовой части корпуса манжетой образует глухую стенку, поверхность указанной первой манжеты в месте контакта с внутренней поверхностью трубопровода образует сплошную контактную площадку.

Датчик угла поворота включает в себя однооборотный потенциометр с пластиковым проводящим элементом.

В результате многократных поворотов потенциометра контакты меняют свойства, особенно в результате использования в агрессивной жидкости или газожидкостной смеси, в результате чего показания датчика становятся нестабильными.

Зазоры между рычагами превышают ширину рычагов в месте контакта рычагов с внутренней поверхностью трубопровода, в результате чего многие локальные дефекты, размер которых в плоскости сечения трубопровода меньше величины зазора между рычагами, не регистрируются.

Прохождение дефектоскопом дефектов на внутренней поверхности трубопровода типа посторонних предметов (сваренной трубы, отогнутого подкладного кольца) вызывает

изгиб манжеты с зазорами между манжетой, дефектным местом и внутренней поверхностью трубопровода. В результате этого возникает изменение распределения давления и температуры транспортируемой среды между манжетами, что особенно характерно для газопроводов. Изменение температуры датчиков в момент прохождения дефектов приводит к ошибкам измерения размеров дефектов, вызывающих такие изменения.

Заявлен внутритрубный дефектоскоп для контроля профиля полости трубопровода, включающий корпус для пропуска внутри трубопровода, по крайней мере один пояс чувствительных рычагов, осесимметрично установленных на корпусе по периметру в сечении трубопровода, прижимаемых к внутренней поверхности трубопровода, с регулярными промежутками между чувствительными рычагами, на корпусе дефектоскопа установлено множество датчиков угла поворота, средства измерений, обработки и хранения получаемых данных измерений, источник питания, подключенный к средствам измерения, обработки и хранения данных, каждый из чувствительных рычагов кинематически связан с соответствующим ему датчиком угла поворота.

Указанный датчик угла поворота выполнен в герметичном корпусе и включает в себя пару постоянных магнитов и элемент Холла, расположенный в зазоре между магнитами, указанная пара магнитов кинематически связана с чувствительным рычагом и способна вращаться вокруг оси, проходящей через элемент Холла, источник питания подключен к входам элемента Холла, средства измерений включают в себя средства измерения напряжения на элементе Холла, подключенные к выходам элемента Холла.

Датчик угла поворота на основе элемента Холла, чувствительного к повороту пары магнитов вокруг оси, проходящей через элемент Холла, позволяет избежать проблем, связанных с нестабильностью контактов в потенциометрах.

Исполнение датчика в герметичном корпусе позволяет избежать попадания железосодержащего мусора в транспортируемой среде в рабочую область датчика между магнитами и элементом Холла. Используемые в датчике постоянные магниты не требуют энергопотребления от источника питания, емкость которого ограничена, а расположение элемента Холла в зазоре между магнитами позволяет получать напряжение на выходах элемента Холла, пропорциональное углу между линиями однородного магнитного поля в зазоре магнитов и плоскостью элемента Холла.

Однако элемент Холла характеризуется высокой температурной чувствительностью. При контроле трубопроводов протяженностью более 300 км изменения температуры транспортируемой среды могут составлять более 20°C, это особенно характерно для контроля газопроводов, где изменения температуры могут составлять несколько десятков градусов. Кроме того, при изменении характера перетекания среды между различными областями, образуемыми манжетами, могут иметь место быстрые изменения температуры и градиентов температуры между различными частями

корпуса дефектоскопа.

На корпусе дефектоскопа установлен датчик температуры, подключенный к средствам измерений, датчик температуры и датчики угла поворота указанного пояса рычагов установлены на общей металлической части корпуса дефектоскопа.

Установка датчика температуры на металлической части корпуса дефектоскопа, общей с датчиками угла поворота, выполненными в герметичных корпусах, позволяет измерять температуру, близкую к температуре элемента Холла в датчике угла поворота, амортизируя резкие изменения температуры элемента Холла и градиенты температуры элементов Холла между различными датчиками угла поворота. Измерение температуры одновременно с измерениями с помощью датчиков угла поворота позволяет, используя температурную зависимость показаний датчика угла поворота, вносить коррективы в измеренные и сохраненные данные после выполнения диагностического пропуска дефектоскопа.

На корпусе дефектоскопа перед ближним (первым) к носовой части корпуса дефектоскопа поясом чувствительных рычагов (в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа) установлены две эластичные манжеты, диаметр указанных манжет в сечении наибольшего диаметра в положении дефектоскопа вне трубопровода превышает диаметр трубопровода. Под диаметром трубопровода понимается номинальный внутренний диаметр контролируемого трубопровода.

Указанные манжеты осуществляют центровку корпуса дефектоскопа в контролируемом трубопроводе и обеспечивают перепад давления перед манжетами и после манжет в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа, который приводит в движение корпус дефектоскопа.

Однако при наличии в стенке трубопровода локального дефекта (вваренной трубы, отогнутого подкладного кольца), выступающего вглубь трубопровода, при прохождении дефектоскопа такой дефект вызывает загиб манжеты в сторону хвостовой части корпуса дефектоскопа и образование зазора между краем манжеты и внутренней поверхностью контролируемого трубопровода. Возникновение такого зазора приводит к изменению распределения давления и температуры перед манжетой и после манжеты, связанные с изменениями в потоках транспортируемой среды и в скорости и характере движения корпуса дефектоскопа. Такие изменения, в свою очередь, могут приводить к изменениям градиентов температуры в областях транспортируемой среды, прилегающих к корпусу дефектоскопа, и элементов дефектоскопа на время прохождения указанного дефекта. Между тем именно в этот момент времени должны выполняться корректные измерения размеров дефекта.

В заявленном изобретении носовая часть корпуса дефектоскопа с установленной на нем указанной первой от носовой части манжетой (из двух указанных ранее) образует глухую стенку, область транспортируемой среды между указанными первой и второй манжетами сообщается с областью

транспортируемой среды после указанной второй манжеты через сквозные отверстия во второй манжете и/или через отверстия в корпусе дефектоскопа. Датчик температуры и датчики угла поворота установлены на общей металлической части корпуса дефектоскопа, контактирующей с транспортируемой средой, в области после второй манжеты в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа. Датчик температуры установлен после сечения наибольшего диаметра второй манжеты.

Указанные признаки обеспечивают буферизацию изменения температуры в области расположения датчиков угла поворота и датчика температуры. Так, максимальный перепад давления имеет место на первой от носовой части манжете. А разница давления между первой и второй манжетами и давления после второй манжеты благодаря сообщению между областями незначительна.

При загибе первой манжеты процесс перераспределения температуры затрагивает главным образом область между первой и второй манжетами, и давление и температура этой области становятся близкими к давлению и температуре перед первой манжетой.

При последующем загибе второй манжеты давление и температура области между первой и второй манжетами становятся близкими к давлению и температуре после второй манжеты в связи с ограниченностью области между первой и второй манжетами. Остаточное отклонение параметров среды в области между первой и второй манжетами от установившихся значений уменьшается с течением времени благодаря сообщению между указанной областью и областью транспортируемой среды после второй манжеты.

Из-за локальных дефектов на внутренней поверхности трубопровода, в частности сварных швов, манжеты прилегают к внутренней поверхности трубопровода с некоторыми зазорами, величина которых меняется в зависимости от характера дефекта гладкости поверхности. Наличие регулярных дефектов, таких, как сварные швы, приводит к изменению падения давления на первой манжете по сравнению с падением давления для гладкой поверхности трубы. В целях исключения влияния таких дефектов в заявленном изобретении поверхность указанной первой манжеты в месте контакта с внутренней поверхностью трубопровода образует сплошную контактную площадку, протяженность указанной контактной площадки первой манжеты в направлении главной оси корпуса дефектоскопа составляет не менее 0,05 номинального диаметра трубопровода.

Целесообразно, чтобы расстояние между ближайшими плоскостями первой и второй манжет в сечениях трубопровода, проходящими через точки контакта указанных первой и второй манжет с внутренней поверхностью трубопровода, составляло 0,4-1 номинального диаметра трубопровода, поскольку меньшее расстояние между манжетами приводит к тому, что для значительной части дефектов обе манжеты оказываются загнутыми, и возможно резкое изменение температуры в области датчиков угла поворота, а большее значение снижает эффективность буферизации и ограничивает

проходимость дефектоскопа внутри трубопровода, особенно на изгибах трубопровода.

5 Целесообразно также, чтобы на корпусе дефектоскопа был установлен второй пояс чувствительных рычагов, так что пояса разнесены по главной оси трубопровода, в месте контакта рычагов с внутренней поверхностью трубопровода промежутки между рычагами не превышают ширину 10 рычагов в плоскости сечения трубопровода, пояса ориентированы между собой со смещением вокруг главной оси трубопровода, так что рычаги двух поясов полностью перекрывают внутреннюю поверхность трубопровода.

15 Такая конструкция исключает возможность обнаружения элементов небольшого размера в сечении трубопровода, углубляющихся внутрь трубопровода и представляющих опасность для ультразвуковых или магнитных внутритрубных 20 дефектоскопов, которые могут использоваться для контроля состояния материала стенки трубопроводов после выполнения контроля профиля трубопровода с помощью заявленного дефектоскопа.

25 Целесообразно, чтобы суммарное проходное сечение указанных отверстий во второй манжете и/или в корпусе дефектоскопа составляло 0,001-0,01 проходного сечения контролируемого трубопровода номинального диаметра.

30 Меньшее значение увеличивает установившийся перепад давления перед второй манжетой и после второй манжеты и уменьшает перепад давления перед первой манжетой и после первой манжеты, что снижает эффективность буферизации. 35 Больше значение приводит к тому, что изменение давления и температуры в области между первой и второй манжетами при загибе первой манжеты приводит к соответствующему изменению в области после второй манжеты в тот же момент 40 времени.

45 Диаметр первой манжеты в сечении наибольшего диаметра в положении дефектоскопа вне трубопровода составляет 1,02-1,05 номинального диаметра контролируемого трубопровода, 50 протяженность указанной контактной площадки первой манжеты в направлении главной оси трубопровода составляет не более 0,3 номинального диаметра трубопровода.

50 При диаметре манжет, меньшем указанного, уменьшается плотность прилегания манжеты к внутренней поверхности трубопровода, что снижает перепад давления на первой манжете.

55 Больше значение диаметра манжеты приводит к неравномерной деформации манжеты и соответственно к неравномерному прилеганию манжеты к внутренней поверхности трубопровода и снижению перепада давления на первой манжете. 60 Больше значение протяженности контактной площадки приводит к увеличению зазора между манжетой и стенкой трубопровода в результате неравномерной деформации манжеты при ее загибе и соответственно к увеличению потоков транспортируемой среды, дополнительных к установившимся между областями до первой манжеты и после первой

манжеты.

Целесообразно исполнение заявленного изобретения, при котором на корпусе дефектоскопа установлены два датчика температуры после сечения наибольшего диаметра второй манжеты в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа, расстояние между указанными датчиками в проекции на главную ось трубопровода составляет 0,2-1 номинального диаметра трубопровода, расстояние между одним из датчиков температуры и любым из датчиков угла поворота указанного ранее ближнего к носовой части пояса чувствительных рычагов не превышает 0,6 номинального диаметра трубопровода.

В указанной схеме расположения датчиков температуры один из датчиков измеряет температуру датчиков угла поворота, при установке датчика, как указано выше, установившийся градиент между температурой датчика температуры и температурой датчиков угла поворота не превышает нескольких градусов и при характерном температурном коэффициенте магнитной чувствительности элемента Холла (не более 0,1%) достаточен для измерения углов поворота рычагов с точностью на уровне 1%. Второй датчик температуры позволяет измерять градиент температуры при резком изменении температуры, который может быть принят во внимание с учетом расположения второго датчика температуры при корректировке измеренных значений углов поворота чувствительных рычагов с учетом температурной зависимости датчиков угла поворота.

После пояса чувствительных рычагов в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа установлена третья эластичная манжета, диаметр которой в сечении наибольшего диаметра в положении дефектоскопа вне трубопровода превышает номинальный диаметр контролируемого трубопровода. Область транспортируемой среды между второй и третьей манжетами в направлении от носовой части корпуса сообщается с областью транспортируемой среды после указанной третьей манжеты через сквозные отверстия в третьей манжете и/или через отверстия в корпусе дефектоскопа, суммарное проходное сечение указанных отверстий в манжете и/или в корпусе дефектоскопа составляет не менее 0,003 проходного сечения контролируемого трубопровода номинального диаметра.

В дальнейшем развитие заявленного изобретения с двумя поясами чувствительных рычагов два пояса разделены третьей эластичной манжетой, после второго от носовой части корпуса дефектоскопа пояса чувствительных рычагов установлена четвертая эластичная манжета, диаметр указанных манжет в сечении наибольшего диаметра в положении дефектоскопа вне трубопровода превышает номинальный диаметр контролируемого трубопровода. Область транспортируемой среды между второй и третьей манжетами в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа сообщается с областью транспортируемой среды после указанной третьей и после указанной четвертой манжеты через сквозные отверстия в третьей и/или в четвертой манжете и/или через сквозные отверстия в

корпусе дефектоскопа, суммарное проходное сечение указанных отверстий в манжетах и/или в корпусе дефектоскопа составляет не менее 0,003 проходного сечения контролируемого трубопровода номинального диаметра. Датчики угла поворота второго пояса рычагов и датчик температуры установлены на общей металлической части корпуса дефектоскопа, контактирующей с транспортируемой средой, в области после второй манжеты в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа. Датчик температуры установлен после сечения наибольшего диаметра второй манжеты.

Датчик температуры установлен в отверстии в указанной ранее общей металлической части корпуса дефектоскопа и залит компаундом.

Металлическая часть чувствительного рычага кинематически связана с установленными на корпусе дефектоскопа датчиками угла поворота с помощью шатуна, соединяющего рычаг датчика угла поворота со звеном чувствительного рычага, противолежащим звену, образуемому свободным концом чувствительного рычага, напряжение на выходах элемента Холла прямо пропорционально углу поворота указанного чувствительного рычага, так что отклонение коэффициента пропорциональности от среднего значения не превышает 1%.

Использование кинематической передачи позволяет конструктивно разнести рычаг и датчик угла поворота, что неизбежно для дефектоскопов, предназначенных для контроля трубопроводов малого диаметра, например, 12". Кроме того, кинематическая передача позволяет варьировать коэффициент передачи угла поворота рычага к углу поворота датчика угла поворота в зависимости от конструктивных ограничений на длину и угол поворота рычага, с одной стороны, и ограничения на точность измерения угла датчиком угла поворота в автоматическом режиме при высоких давлениях эксплуатации до 80 атм. и действии агрессивной среды, с другой стороны.

Предпочтительно исполнение заявленного изобретения, в котором источник питания включает в себя источник постоянного тока, подключенный к входам элемента Холла. Частота среза магнитного поля используемого элемента Холла не менее 500 Гц и не более 100 кГц. Указанные ранее магниты выполнены из сплава неодим-железо-бор, указанная ранее пара магнитов образована двумя постоянными магнитами с зазором между взаимно параллельными плоскостями магнитов. Магнитная индукция в зазоре не менее 0,7 Тл. Датчик угла поворота выполнен в металлическом корпусе, металлический корпус датчика включает в себя магнитную и немагнитную части, магнитная часть корпуса датчика выполнена из магнитно-мягкой стали, немагнитная часть корпуса датчика выполнена из латуни, бронзы или нержавеющей стали. Немагнитная часть жестко закреплена на корпусе дефектоскопа, в магнитной части установлены (закреплены) указанные магниты, магнитная часть корпуса датчика кинематически связана с чувствительным рычагом и способна вращаться вместе с указанными магнитами относительно немагнитной части корпуса датчика.



Немагнитная часть корпуса датчика включает в себя металлический стакан, расположенный в зазоре между магнитами, чувствительный элемент Холла расположен внутри металлического стакана и залит эпоксидным компаундом либо викинсом. Зазор между внешней поверхностью стакана и магнитами заполнен маслом, толщина стенки стакана 0,8-2,0 мм. Длина стакана от края магнитов до края элемента Холла не более 20 мм. Указанный стакан помещен в немагнитную металлическую втулку, так что зазор между внешней поверхностью стакана и внутренней поверхностью втулки составляет 0,2-0,4 мм, магниты опираются на внешнюю поверхность втулки, втулка выполнена из латуни или бронзы.

Указанное исполнение датчика угла поворота обеспечивает линейную зависимость напряжения на выходах элемента Холла от угла поворота чувствительного рычага, достаточную для заявленного дефектоскопа тепловую инерционность элемента Холла, позволяющую ограничивать скорость изменения температуры элемента Холла, с одной стороны, и градиент температуры между элементами Холла датчиков угла поворота и датчиками температуры, установленными на корпусе заявленного дефектоскопа, как указано ранее, с другой стороны. Вместе с тем указанное исполнение позволяет минимизировать суммарное энергопотребление, связанное с элементом Холла, что особенно существенно для дефектоскопа при использовании значительного числа рычагов и датчиков угла поворота и нескольких поясов рычагов.

Расстояние между ближайшей к поясу рычагов плоскостью манжеты, проходящей через точки контакта манжеты с внутренней поверхностью трубопровода, установленной перед поясом чувствительных рычагов в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа, и плоскостью рычагов, перпендикулярной главной оси корпуса и проходящей через ближайшие к указанной манжете точки контакта чувствительных рычагов с внутренней поверхностью трубопровода, составляет 0,1-0,2 диаметра трубопровода. Свободные концы чувствительных рычагов выполнены из полимерного материала и способны скользить по внутренней поверхности трубопровода. Ширина рычага в месте контакта с внутренней поверхностью трубопровода в сечении трубопровода составляет 0,05-0,2 номинального диаметра трубопровода.

Основной технический результат, получаемый в результате реализации заявленного изобретения, - повышение надежности измерений профиля трубопровода, особенно для измерений дефектов газопроводов, представляющих собой элементы инородных тел на внутренней поверхности контролируемого трубопровода.

На фиг. 1 изображен внутритрубный дефектоскоп, общий вид;

на фиг. 2 - часть внутритрубного дефектоскопа в разрезе с установленными чувствительными рычагами, датчиками Холла и датчиком температуры;

на фиг. 3 - часть внутритрубного дефектоскопа в разрезе с установленными чувствительными рычагами, датчиками Холла и датчиком температуры, вид со стороны

носовой части дефектоскопа;  
на фиг. 4 изображена схема, иллюстрирующая результаты обработки данных, полученных в результате диагностического прохода заявленного внутритрубного дефектоскопа.

В процессе исследований, направленных на поиск решений, позволяющих повысить надежность работы внутритрубных дефектоскопов на сверхбольших дистанциях магистральных трубопроводов более 300 км, изготовлена серия внутритрубных дефектоскопов для обследования полости трубопроводов номинальным диаметром от 10" до 56". В результате исследований была найдена схема расположения и параметры датчиков угла поворота на основе элементов Холла, датчиков температуры и буферных манжет, установленных перед поясом чувствительных рычагов, при которых решается поставленная задача. Разработанные дефектоскопы выдерживают давление среды до 80 атм, имеют проходимость около 75% диаметра трубопровода, работают при температурах от -15°C до +50°C, минимальный проходимый радиус поворота около 1,5 диаметра трубопровода. В дефектоскопах реализованы виды взрывозащиты "Взрывонепроницаемая оболочка", "Искробезопасная электрическая цепь", "Специальный вид взрывозащиты". Погрешность измерения поперечного сечения трубопровода не более 1% номинального диаметра трубопровода, погрешность определения местоположения дефекта на трубопроводе не более 25 см, средний ток потребления аппаратуры дефектоскопов не более 500 мА.

Так, дефектоскоп для обследования трубопровода диаметром 48" включает в себя корпус 1 (фиг. 1) для пропуска внутри трубопровода, позицией 2 на фиг. 1 показана носовая часть корпуса дефектоскопа (бампер), на корпусе установлены первый 3 и второй 4 пояс чувствительных рычагов, прижимаемых к внутренней поверхности трубопровода. Каждый пояс включает в себя 16 чувствительных рычагов. В процессе движения дефектоскопа внутри трубопровода рычаги скользят по внутренней поверхности трубопровода. На корпусе установлены одометр 5 для измерения длины пройденного внутри трубопровода пути и электромагнитный маркерный приемопередатчик 6 для уточнения положения дефектоскопа внутри трубопровода. На корпусе 1 дефектоскопа установлены полиуретановые манжеты (в направлении от носовой части 2 дефектоскопа): первая 7, вторая 8, третья 9, четвертая 10. Поверхность 11 манжет контактирует с внутренней поверхностью трубопровода и образует сплошную контактную площадку протяженностью 0,08 номинального диаметра трубопровода вдоль оси трубопровода. В положении дефектоскопа вне трубопровода диаметр 12 манжет в сечении 13 наибольшего диаметра составляет 1,022 номинального диаметра трубопровода. Манжеты обеспечивают центровку корпуса дефектоскопа в трубопроводе и продвигают дефектоскоп, создавая перепад давления транспортируемой среды перед корпусом и после корпуса дефектоскопа. На участке трубопровода номинального диаметра ось симметрии корпуса (главная ось корпуса

дефектоскопа) совпадает с главной осью контролируемого трубопровода. Корпус включает в себя герметичные оболочки, в которых установлен источник питания, а также средства измерений, обработки и хранения получаемых данных измерений на основе бортового компьютера, управляющего работой дефектоскопа в процессе его продвижения внутри трубопровода. В качестве источника питания устанавливаются аккумуляторные батареи или батареи гальванических элементов емкостью до 300 А·ч.

Носовая часть корпуса дефектоскопа с установленной на нем первой от носовой части манжетой образует глухую стенку, область транспортируемой среды между первой и второй манжетами сообщается с областью транспортируемой среды после второй манжеты через сквозные отверстия во второй манжете. Во второй манжете выполнены 8 сквозных отверстий диаметром 20 мм каждое. Суммарное проходное сечение отверстий во второй манжете составляет 0,002 проходного сечения контролируемого трубопровода номинального диаметра.

Область транспортируемой среды между второй и третьей манжетами сообщается с областью транспортируемой среды после третьей манжеты через сквозные отверстия в третьей манжете. В третьей манжете выполнены 4 сквозных отверстия диаметром 35 мм каждое, суммарное проходное сечение указанных отверстий в третьей манжете составляет 0,003 проходного сечения контролируемого трубопровода номинального диаметра.

Область транспортируемой среды между третьей и четвертой манжетами сообщается с областью транспортируемой среды после четвертой манжеты через сквозные отверстия в четвертой манжете. В четвертой манжете выполнены 8 сквозных отверстий диаметром 25 мм каждое, суммарное проходное сечение указанных отверстий в четвертой манжете составляет 0,003 проходного сечения контролируемого трубопровода номинального диаметра.

Ближайшие одна от другой плоскости, проходящие через точки контакта первой и второй манжет с внутренней поверхностью трубопровода в сечении трубопровода, обозначены 13и 14. Расстояние между указанными плоскостями составляет 0,43 номинального диаметра трубопровода.

На фиг. 2 позицией 21 показано направление движения дефектоскопа внутри трубопровода. Каждый из чувствительных рычагов 22 кинематически связан с соответствующим датчиком угла поворота 28. Чувствительный рычаг 22 укреплен на корпусе дефектоскопа на оси вращения 23 и прижимается к внутренней поверхности трубопровода пружиной 24. Звено чувствительного рычага 25, противоположащее свободному концу чувствительного рычага, кинематически связано через шатун 26 с рычагом 27 датчика угла поворота 28, установленного на корпусе дефектоскопа. Датчик угла поворота 28 подключен с помощью электрических кабелей 29 к источнику постоянного тока и к средствам измерения напряжения на элементе Холла, установленном в электронном модуле 210, выполненном в герметичной оболочке. Датчик угла поворота 28 преобразует угол поворота

рычага 22 в напряжение. Датчик температуры 211 установлен в том же фланце 212 корпуса дефектоскопа, на котором установлены датчики угла поворота 28. Фланец 212 контактирует с транспортируемой средой в области между второй и третьей манжетами. Фланец второго пояса чувствительных рычагов контактирует с транспортируемой средой в области между третьей и четвертой манжетами.

Используется датчик температуры Analog Devices AD 22100 с диапазоном измеряемой температуры до 200°C, погрешностью измерения температуры не более  $\pm 2\%$  на всей шкале, линейностью не хуже  $\pm 1\%$  на всей шкале, температурным коэффициентом 22,5 мВ/°С. Входы датчика температуры подключены к источнику постоянного тока, выходы датчика температуры подключены к измерителю напряжения на датчике температуры, подключенному в свою очередь к бортовому компьютеру.

На корпусе дефектоскопа установлены два датчика температуры, расстояние между указанными датчиками в проекции на главную ось корпуса дефектоскопа составляет 0,5 номинального диаметра трубопровода. Один из датчиков температуры установлен на корпусе дефектоскопа 1 вблизи пояса рычагов 3 между манжетами 8 и 9, другой датчик температуры установлен на корпусе 1 вблизи пояса рычагов 4 между манжетами 9 и 10. Каждый из датчиков температуры и датчики угла поворота соответствующего ему пояса чувствительных рычагов установлены на общем стальном фланце корпуса дефектоскопа, контактирующем с транспортируемой средой. Датчики температуры установлены в отверстиях в указанных фланцах и залиты компаундом.

Датчик угла поворота выполнен в герметичном металлическом корпусе и включает в себя пару постоянных магнитов и элемент Холла, расположенный в зазоре между магнитами. Герметичность корпуса обеспечивается полимерной прокладкой и мембраной. Пара магнитов кинематически связана с чувствительным рычагом и способна вращаться вокруг оси, проходящей через элемент Холла, источник постоянного тока подключен к входам элемента Холла, измеритель напряжения на элементе Холла подключен к выходам элемента Холла.

Частота среза магнитного поля используемого элемента Холла около 10 кГц. Магниты выполнены из сплава неодим-железо-бор, между взаимно параллельными плоскостями магнитов формируется однородное магнитное поле, магнитная индукция в зазоре составляет 0,9-1 Тл. Металлический корпус датчика включает в себя немагнитную и магнитную части, магнитная часть корпуса датчика выполнена из стали 10, немагнитная часть корпуса датчика выполнена из нержавеющей стали. Немагнитная часть жестко закреплена на корпусе дефектоскопа, в магнитной части закреплены магниты, магнитная часть корпуса датчика кинематически связана с чувствительным рычагом и способна вращаться вместе с указанными магнитами относительно немагнитной части корпуса датчика. Немагнитная часть корпуса датчика включает в себя металлический стакан, расположенный в зазоре между магнитами,

чувствительный элемент Холла расположен внутри металлического стакана и залит эпоксидным компаундом. Зазор между внешней поверхностью стакана и магнитами заполнен маслом, толщина стенки стакана 1,5 мм. Указанный стакан помещен в бронзовую втулку, так что зазор между внешней поверхностью стакана и внутренней поверхностью втулки составляет 0,3 мм, магниты опираются на внешнюю поверхность втулки. Датчик угла поворота выдает на выходе напряжение, прямо пропорциональное углу поворота рычага датчика угла поворота, так что относительное отклонение от пропорциональности не превышает 1%.

Используется элемент Холла с магнитной чувствительностью 300-350 мкВ/мТл, напряжением неэквивалентности не более 30 мкВ, входным сопротивлением 10-15 Ом, рабочим температурным диапазоном 1,5-500 К, температурным коэффициентом магнитной чувствительности не более 0,05%/град, с размером чувствительной области не более 0,1мм на 0,1мм, номинальным током питания 30 мА.

Промежутки 31 (фиг. 3) между рычагами составляют 0,9 ширины 32 рычагов 22 в месте контакта рычага с внутренней поверхностью трубопровода. Пояса ориентированы между собой со смещением по углу вокруг главной оси трубопровода на половину угла между соседними рычагами, так что рычаги двух поясов полностью перекрывают внутреннюю поверхность трубопровода, при этом каждый рычаг второго от носовой части пояса перекрывает соседние рычаги первого пояса на 0,05 ширины рычага второго пояса в сечении трубопровода.

Расстояние между ближайшей к поясу рычагов плоскостью манжеты, проходящей через точки контакта манжеты с внутренней поверхностью трубопровода, установленной перед поясом чувствительных рычагов в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа, и плоскостью рычагов, перпендикулярной главной оси трубопровода и проходящей через ближайшие к указанной манжете точки контакта чувствительных рычагов с внутренней поверхностью трубопровода, составляет 0,1 диаметра трубопровода. Свободные концы чувствительных рычагов выполнены из полиуретана на основе 4,4-дифенилметандиизоционата и способны скользить по внутренней поверхности трубопровода.

Средства измерения длины пройденного внутри трубопровода пути выполнены в виде двух одометров, диаметрально противоположно установленных на корпусе, подключенных к счетчикам числа одометрических импульсов, число которых пропорционально измеренной одометрами длине пройденного пути. На корпусе дефектоскопа установлен маятниковый датчик угла поворота корпуса дефектоскопа вокруг главной оси трубопровода, подключенный к средствам измерения дефектоскопа.

Выходы элемента Холла подключены к входам мультиплексора. Таймер подключен к управляющему входу мультиплексора. Выходы мультиплексора подключены к входам дифференциального усилителя, выходы которого подключены к входам аналого-цифрового преобразователя. Выходы

аналого-цифрового преобразователя подключены к средствам обработки и хранения цифровых данных бортового компьютера.

Устройство работает следующим образом.

Дефектоскоп помещают в трубопровод и включают перекачку продукта (нефти, газа, нефтепродукта) по трубопроводу. При движении дефектоскопа по трубопроводу рычаги прижимаются к внутренней поверхности трубопровода, при наличии дефекта полости трубопровода соответствующий рычаг отклоняется от своего нормального положения. С помощью датчика угла поворота измеряется угол между рычагом и главной осью трубопровода. Данные измерений обрабатываются и записываются в накопитель бортового компьютера, выполненный на элементах твердотельной памяти.

По завершении контроля заданного участка трубопровода дефектоскоп извлекают из трубопровода и переносят накопленные в процессе диагностического пропускания данные на компьютер вне дефектоскопа. В измеренные данные вносят коррективы с учетом температурных зависимостей датчиков угла поворота на основе элементов Холла.

Последующий анализ записанных данных позволяет сделать вывод о наличии дефектов, идентифицировать их и определить их параметры.

На фиг. 4 изображены результаты обработки данных, полученных в результате диагностического пропускания внутритрубного дефектоскопа с типоразмером 48", для некоторого участка магистрального трубопровода. По оси абсцисс L отложена длина трубопровода в метрах, по оси ординат  $F_i$  - угол в градусах вокруг главной оси трубопровода. В пределах одного измерительного канала по оси ординат отложено уменьшение расстояния  $dD$  от главной оси корпуса до внутренней поверхности трубопровода в плоскости пояса рычагов в масштабе 10 см на одно деление оси ординат. На отображенном участке идентифицируются поперечные сварные швы вблизи отметок 8 м, 10 м и 13 м, шибберная задвижка вблизи отметки 9 м, а также вмятина вблизи отметки 14 м. Швы характеризуются характерным локальным сужением по всему периметру в сечении трубопровода, шибберная задвижка - характерным расширением в сечении трубопровода по всему периметру, а вмятина - локальным сужением в сечении трубопровода.

На основании результатов контроля с помощью заявленного внутритрубного дефектоскопа делают заключение о состоянии полости трубопровода и возможности последующего контроля материала стенки трубопровода с помощью ультразвуковых или магнитных внутритрубных дефектоскопов.

### Формула изобретения:

1. Внутритрубный дефектоскоп для контроля полости трубопровода, включающий корпус для пропускания внутри трубопровода, по крайней мере один пояс чувствительных рычагов, осесимметрично установленных на корпусе по периметру в сечении трубопровода, прижимаемых к внутренней поверхности трубопровода, с регулярными промежутками между чувствительными рычагами, на корпусе дефектоскопа

установлены множество датчиков угла поворота, средства измерений, обработки и хранения получаемых данных измерений, источник питания, подключенный к средствам измерения, обработки и хранения данных, каждый из чувствительных рычагов кинематически связан с соответствующим ему датчиком угла поворота, на корпусе дефектоскопа перед ближним к носовой части корпуса дефектоскопа поясом чувствительных рычагов установлены две эластичные манжеты, диаметр указанных манжет в сечении наибольшего диаметра в положении дефектоскопа вне трубопровода превышает диаметр трубопровода, носовая часть корпуса дефектоскопа с установленной на нем указанной первой от носовой части манжетой в месте контакта с внутренней поверхностью трубопровода образует сплошную контактную площадку, отличающийся тем, что протяженность указанной контактной площадки первой манжеты в направлении главной оси корпуса дефектоскопа составляет не менее 0,05 диаметра трубопровода, датчик угла поворота выполнен в герметичном корпусе и включает в себя пару постоянных магнитов и элемент Холла, расположенный в зазоре между магнитами, указанная пара магнитов кинематически связана с чувствительным рычагом и способна вращаться вокруг оси, проходящей через элемент Холла, источник питания подключен к входам элемента Холла, средства измерений включают в себя средства измерения напряжения на элементе Холла, подключенные к выходам элемента Холла, на корпусе дефектоскопа установлен датчик температуры, подключенный к средствам измерений, датчик температуры и датчики угла поворота указанного пояса чувствительных рычагов установлены на общей металлической части корпуса дефектоскопа, контактирующей с транспортируемой средой, в области после второй манжеты в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа, область транспортируемой среды между указанными первой и второй манжетами сообщается с областью транспортируемой среды после указанной второй манжеты через сквозные отверстия во второй манжете и/или через отверстия в корпусе дефектоскопа, расстояние между ближайшими плоскостями первой и второй манжет в сечениях трубопровода, проходящими через точки контакта первой и второй манжет соответственно с внутренней поверхностью трубопровода, составляет 0,4 - 1 диаметра трубопровода.

2. Дефектоскоп по п.1, отличающийся тем, что на корпусе дефектоскопа установлен второй пояс чувствительных рычагов, так что пояса разнесены по главной оси трубопровода, в месте контакта рычагов с внутренней поверхностью трубопровода промежутки между рычагами не превышают ширину рычагов в плоскости сечения трубопровода, пояса ориентированы между собой со смещением вокруг главной оси трубопровода, так что рычаги двух поясов полностью перекрывают внутреннюю поверхность трубопровода.

3. Дефектоскоп по п.1, отличающийся тем, что суммарное проходное сечение указанных в п. 1 отверстий в манжете и/или корпусе

дефектоскопа составляет 0,001 - 0,01 проходного сечения трубопровода.

4. Дефектоскоп по п.1, отличающийся тем, что диаметр указанной в п.1 первой манжеты в сечении наибольшего диаметра в положении дефектоскопа вне трубопровода составляет 1,02 - 1,05 диаметра трубопровода, протяженность указанной в п.1 контактной площадки первой манжеты в направлении главной оси трубопровода составляет не более 0,3 диаметра трубопровода.

5. Дефектоскоп по п.1, отличающийся тем, что на корпусе дефектоскопа установлены два датчика температуры после сечения наибольшего диаметра указанной в п.1 второй манжеты в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа, расстояние между указанными датчиками в проекции на главную ось трубопровода составляет 0,2 - 1 диаметра трубопровода, расстояние между одним из датчиков температуры и любым из датчиков угла поворота указанного в п.1 пояса чувствительных рычагов не превышает 0,6 диаметра трубопровода.

6. Дефектоскоп по п.1, отличающийся тем, что источник питания включает в себя источник постоянного тока, подключенный к входам элемента Холла.

7. Дефектоскоп по п.1, отличающийся тем, что после пояса чувствительных рычагов в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа установлена третья эластичная манжета, диаметр указанной манжеты в сечении наибольшего диаметра в положении дефектоскопа вне трубопровода превышает диаметр трубопровода, область транспортируемой среды между второй и третьей манжетами в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа сообщается с областью транспортируемой среды после указанной третьей манжеты через сквозные отверстия в третьей манжете и/или через отверстия в корпусе дефектоскопа, суммарное проходное сечение указанных отверстий в манжете и/или в корпусе дефектоскопа составляет не менее 0,003 проходного сечения трубопровода.

8. Дефектоскоп по п.2, отличающийся тем, что два указанных в п.2 пояса чувствительных рычагов разделены третьей эластичной манжетой, после второго от носовой части корпуса дефектоскопа пояса чувствительных рычагов установлена четвертая эластичная манжета, диаметр указанных манжет в сечении наибольшего диаметра в положении дефектоскопа вне трубопровода превышает диаметр трубопровода, область транспортируемой среды между второй и третьей манжетами в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа сообщается с областью транспортируемой среды после указанной третьей и после указанной четвертой манжеты через сквозные отверстия в третьей манжете и/или в четвертой манжете и/или через сквозные отверстия в корпусе дефектоскопа, суммарное проходное сечение указанных отверстий в манжетах и/или в корпусе дефектоскопа составляет не менее 0,003 проходного сечения трубопровода.

9. Дефектоскоп по п.2, отличающийся тем, что датчики угла поворота второго по п.2 пояса чувствительных рычагов и датчик температуры установлены на общей металлической части корпуса дефектоскопа, контактирующей с транспортируемой средой,

в области после второй манжеты в направлении от носовой части корпуса дефектоскопа.

10. Дефектоскоп по п.1 или 9,

отличающийся тем, что датчик температуры установлен в отверстии в указанной в п.1 или 9 металлической части корпуса дефектоскопа и залит компаундом.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

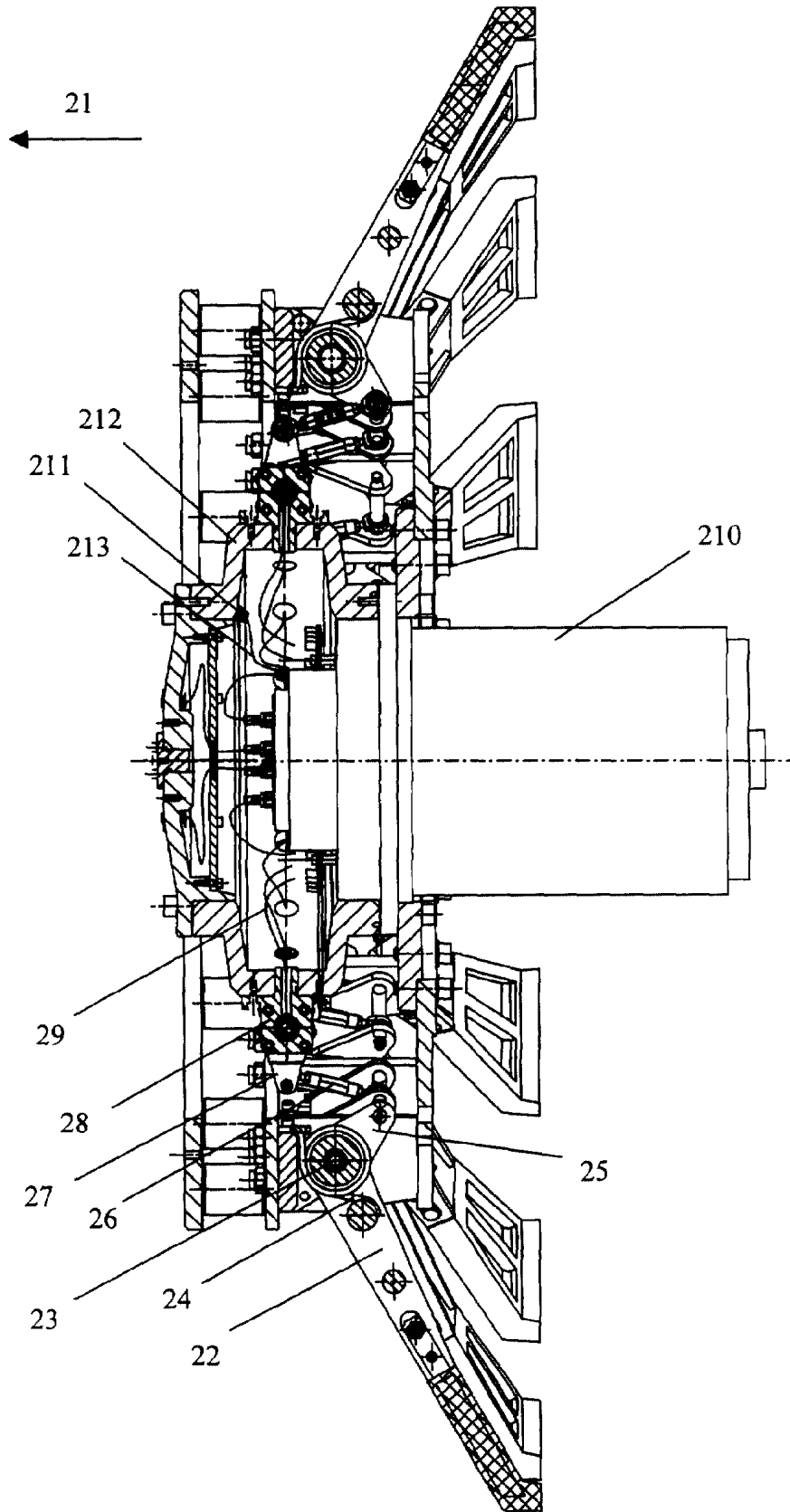
55

60

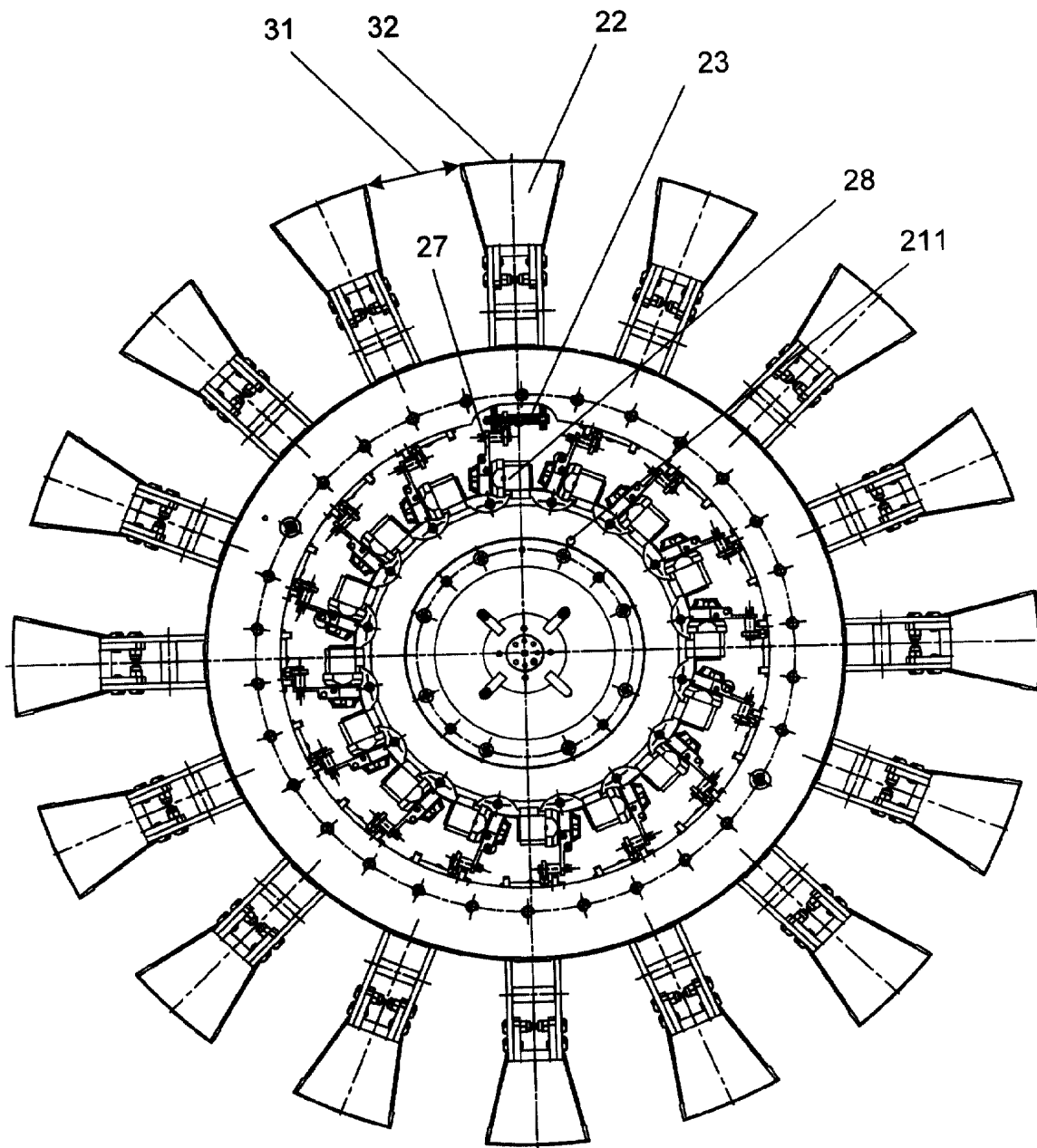
-13-

RU 2163369 C1

RU 2163369 C1

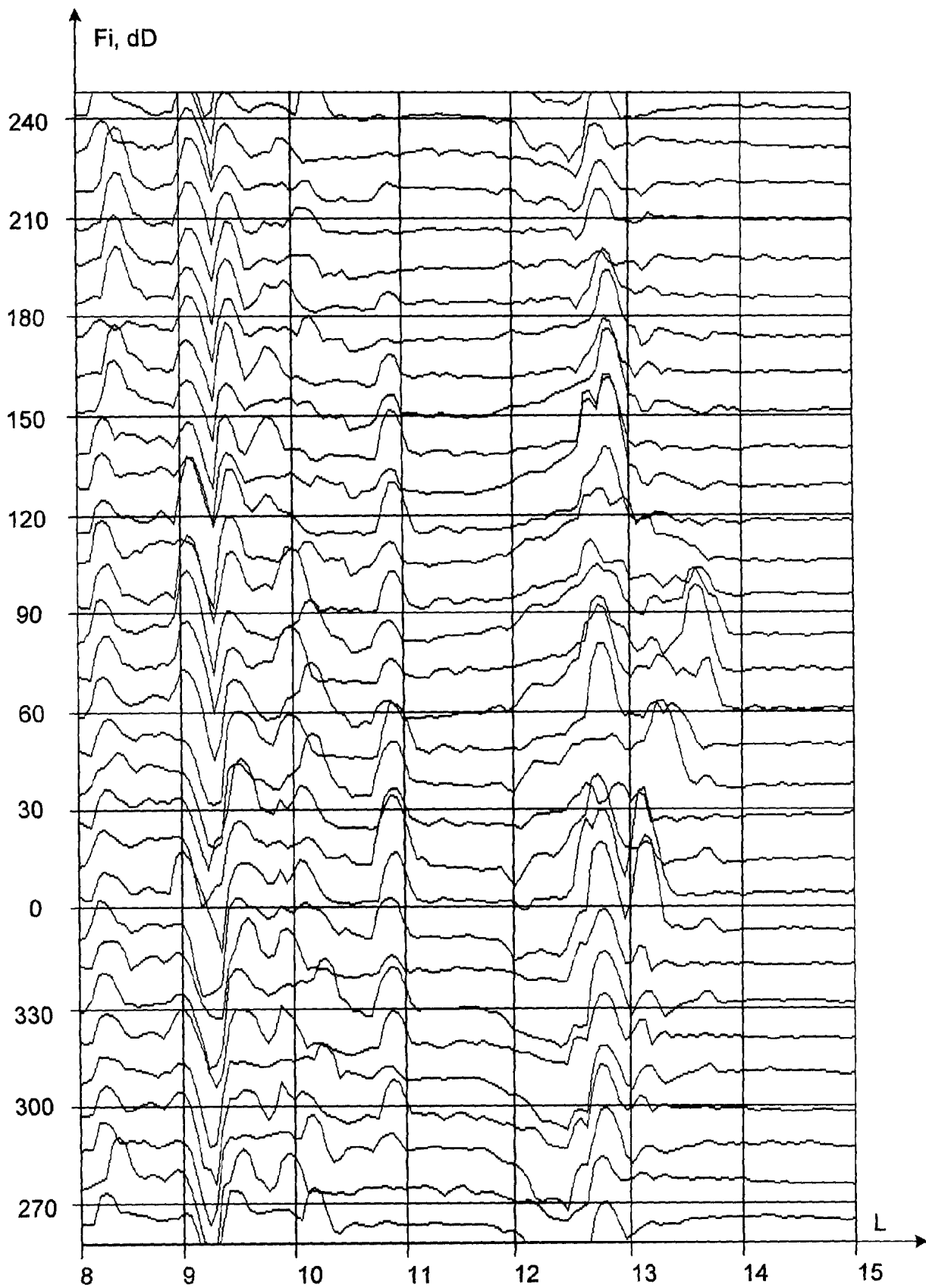


Фиг.2



Фиг.3

RU 2163369 C1



Фиг.4

RU 2163369 C1