



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010113119/06, 05.04.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.04.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.04.2010

(43) Дата публикации заявки: 10.10.2011 Бюл. № 28

(45) Опубликовано: 27.05.2012 Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2184902 C2, 10.07.2002. RU 2363554
C2, 10.08.2009. RU 2206415 C1, 20.06.2003. SU
1639800 A1, 07.04.1991. SU 995910 A1,
15.02.1983.

Адрес для переписки:

355009, Ставропольский край, г.Ставрополь,
ул. Пушкина, 1, Бюро независимой
технической экспертизы

(72) Автор(ы):

**Шишкин Виктор Васильевич (RU),
Акиншина Алина Владимировна (RU)**

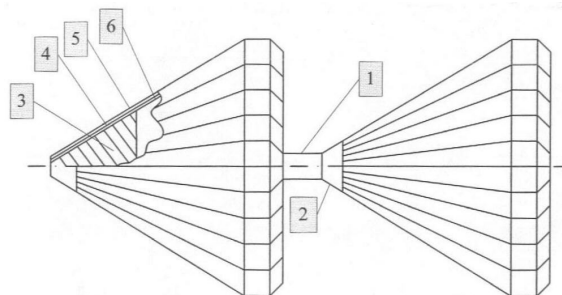
(73) Патентообладатель(и):

**Шишкин Виктор Васильевич (RU),
Акиншина Алина Владимировна (RU)**(54) СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области строительства и может быть использовано для восстановления трубопроводов. Новым в изобретении является то, что первоначально одновременно производят очистку и нанесение покрытия, а затем одновременно производят тампонирующее и нанесение покрытия. Способ осуществляют устройством, выполненным из вала со ступицами, на которых в несколько рядов установлены эластичные и упругие лепестки, образующие щели по периферии устройства. Расширяется

арсенал технических средств. 2 н. и 1 з.п. ф-лы,
7 ил., 1 табл.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F16L 58/00 (2006.01)
B08B 9/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010113119/06, 05.04.2010**

(24) Effective date for property rights:
05.04.2010

Priority:

(22) Date of filing: **05.04.2010**

(43) Application published: **10.10.2011 Bull. 28**

(45) Date of publication: **27.05.2012 Bull. 15**

Mail address:

**355009, Stavropol'skij kraj, g.Stavropol', ul.
Pushkina, 1, Bjuro nezavisimoj tehničeskoj
ehkspertizy**

(72) Inventor(s):

**Shishkin Viktor Vasil'evich (RU),
Akinshina Alina Vladimirovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Shishkin Viktor Vasil'evich (RU),
Akinshina Alina Vladimirovna (RU)**

(54) **METHOD OF PIPELINE RESTORATION AND DEVICE FOR IMPLEMENTATION THEREOF**

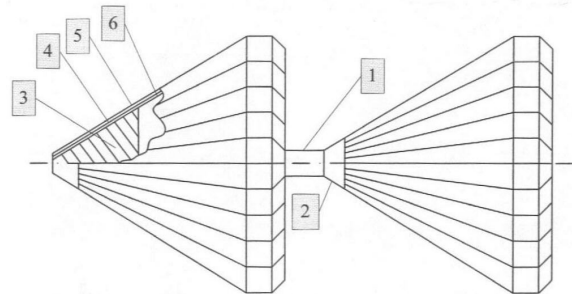
(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering.

SUBSTANCE: at first simultaneous cleaning and coating application are followed by simultaneous tamping and coating application. A method is implemented by a device comprising a shaft with centre bosses which accommodates a number of lines of elastic and flexible petals forming cracks on the periphery of the device.

EFFECT: extended range of the instruments.

2 cl, 7 dwg



Фиг. 1

R U 2 4 5 1 8 6 9 C 2

R U 2 4 5 1 8 6 9 C 2

Изобретение относится к строительству и используется при сооружении и ремонте трубопроводов.

Известен способ очистки трубопроводов от отложений, заключающийся в том, что по трубопроводу напором жидкости перемещают трубоочистное устройство, при этом жидкость пропускают через очистное устройство в виде струй, которыми удаляют отложения с внутренней поверхности трубы, например международная заявка WO 86/02293, B08B 9/04, C23F 11/00, от 24.04.1986 г.

Недостатками этого способа является то, что оно не может образовать химическое покрытие на внутренней поверхности металлических трубопроводов при проведении очистки.

Известен способ образования защитного покрытия с помощью ингибиторов, например полифосфатов и силикатов. Способ заключается в том, что в воду подают дозу полифосфата или силиката натрия.

Недостатком этого способа является то, что ввод ингибитора осуществляется постоянно. Смотри книгу Кряжевских Н.Ф., Кряжевских Ф.Н. «Интенсификация работы групповых водопроводов», стр.290-299, изд. «Советская Кубань».

Известно устройство для защиты трубопровода от коррозии ингибированием, включающее систему подачи ингибитора в трубопровод. Смотри книгу Кряжевских Н.Ф., Кряжевских Ф.Н. «Интенсификация работы групповых водопроводов», изд. «Советская Кубань», Краснодар, 2000 г.

Недостатком этого устройства является то, что ингибитор постоянно вводится в трубопровод.

Известен способ восстановления трубопроводов, включающий очистку трубопровода от отложений, нанесение на очищенную поверхность покрытия. Смотри патент RU 2358186 C2.

Недостатком этого способа и устройства является то, что покрытия необходимо наносить на всю поверхность трубопровода.

Задачей изобретения является упрощение технологии и увеличение скорости покрытия и снижения затрат.

Задача выполняется совокупностью изобретений.

Способ восстановления трубопровода включает диагностику, очистку, покрытие трубопровода, первоначально одновременно производят очистку и нанесение покрытия на очищенную внутреннюю поверхность трубопровода, затем одновременно производят тампонирующее и покрытие трубопровода. Очистку и нанесение покрытия осуществляют путем перемещения по трубопроводу потоком воды механизма, которым на его периферии образуют струи потока воды, в которые вводят ингибитор, и этими струями разрушают отложения и образуют покрытия на очищенной поверхности трубопровода.

Устройство для очистки и нанесения покрытия содержит вал со ступицами, на которых в шахматном порядке установлены эластичные и упругие лепестки, образующие щели по периферии устройства, при этом оно снабжено системой ввода в трубопровод воды и ингибитора.

Одновременная очистка и нанесение химического покрытия на очищенную поверхность трубопровода и последующее одновременное тампонирующее затрубного пространства трубопровода и нанесение покрывающего состава на внутреннюю поверхность трубопровода позволяют существенно увеличить скорость выполнения работ по восстановлению трубопровода и снизить затраты на их выполнение.

Перемещение по трубопроводу потоком воды с ингибитором механизма, образующего струи на периферии, которыми разрушают отложения и образуют покрытие на очищенной поверхности трубопровода покрытия, позволяет увеличить коррозионную стойкость трубопровода.

5 Выполнение устройства для очистки и нанесения покрытия из вала со ступицами, на которых в шахматном порядке установлены эластичные и упругие лепестки в несколько рядов, снабжение этого устройства рукавом, имеющим свободу перемещения по трубопроводу, позволяют уменьшить расход воды и обеспечивают герметизацию трубопровода, что позволяет ускорить очистку и покрытие

10 трубопровода.

Выполнение устройства для тампонирования трубопровода и нанесения на его поверхность покрывающего состава из перемешающихся по трубопроводу двух опалубок с покрывающим составом позволяет повысить скорость покрытия.

15 На представленных чертежах изображено:

на фиг.1 - устройство для очистки;

на фиг.2 - образование щелей упругими лепестками;

на фиг.3 - схема очистки;

20 на фиг.4 - упругий лепесток с отогнутым концом;

на фиг.5 - устройство для тампонирования и покрытия;

на фиг.6 - схема покрытия;

на фиг.7 - схема покрытия.

25 Устройство, изображенное на фиг.1, 2, выполнено из вала 1 со ступицами 2, 3, на которых в шахматном порядке установлены упругие лепестки 4, 5 и эластичные лепестки 6. Упругие лепестки 4, 5 выполнены в виде пластин, которые со стенкой 7 трубопровода контактируют ребрами 8 и образуют с ней сегментные щели 9. Верхние лепестки 4 образуют с нижними лепестками 5 и стенкой 7 трубопровода щели 10.

30 Сечение щелей 9 меньше, чем щелей 10.

Схема очистки изображена на фиг.3. В трубопроводе 11 с отложениями 12 установлено очистное устройство 13.

На фиг.4 изображен упругий лепесток 4, 5 с отогнутыми концами 14.

35 Устройство, изображенное на фиг.5, выполнено из трубопровода 15, на концах которого смонтированы камеры 16, сообщенные с системами 17 подачи текучего агента. В камерах 16 установлены приводные реверсивные барабаны 18, на которых намотан трос 19. Конец троса 19 соединен с концом рукава 20, второй конец которого отогнут и закреплен по периметру камеры 16. Полость трубопровода 15 сообщена с

40 системой 21 подачи покрывающего состава.

Устройство, изображенное на фиг.6, выполнено из трубопровода 15, на концах которого смонтированы камеры 16, сообщенные с системами 17 подачи текучего агента. В камерах 16 установлены приводные реверсивные барабаны 18, на которых намотан трос 19. Конец троса 19 соединен с концом рукава 20, второй конец которого

45 отогнут и закреплен по периметру камеры 16. Полость трубопровода 15 сообщена с системой 21 подачи покрывающего состава. Между рукавами 20 в трубопроводе 15 размещены покрывающий состав 22, тор 23, заполненный текучим агентом 24.

Устройство, изображенное на фиг.7, выполнено из трубопровода 15, на концах которого смонтированы камеры 16, сообщенные с системами 17 подачи текучего агента (компрессор). В левой камере 16 установлен приводной реверсивный барабан 18 с тросом 19, который соединен с концом рукава 20, второй конец которого отогнут и закреплен по периметру камеры 16. В правой камере 16 установлен тор 23

50

(торы), заполненный текучим агентом 24 (жидкостью). Между торами 23 находится текучий агент 25 (вода, воздух).

Устройство, изображенное на фиг. 1, 2, 3, 4, работает следующим образом.

Устройство устанавливают в трубопровод и подают воду. Напором воды устройство начинает перемещаться по трубопроводу. Часть воды в виде струй проходит через щели 9, 10 и размывает отложения гидродинамическим напором. Гидродинамическим напором смывается более мягкая часть отложений, твердость которых не превышает 2 единицы по шкале Мооса.

В воде растворен ингибитор коррозии, например полифосфат натрия с дозой 100 мг/л по P_2O_5 . Так как отложения на стенке трубопровода неравномерны, то механизм перемещается по трубопроводу 15 неравномерно. Давление потока воды постоянно колеблется. Лепестки 4, 5 за счет увеличения давления изгибаются в сторону, противоположную ходу очистки. Давление потока по обе стороны лепестков 4, 5 периодически изменяется. За счет этого лепестки 4, 5 колеблются. Периодическое колебание лепестков 4, 5 образует следующий физический эффект.

Дело в том, что упругие лепестки контактируют со стенкой трубопровода только ребрами. Поэтому в десятки раз повышается удельное давление лепестков на отложения. Между верхним лепестком и стенкой трубопровода образуется щель в виде сегмента. Так как упругие лепестки вследствие пульсации потока жидкости колеблются, то эти колебания передаются отложениям и стенке трубопровода. Так как коэффициенты линейных расширений отложений и стенки трубопровода неодинаковые, частота колебаний отложений и стенки трубопровода также неодинаковые, при этом у них различные амплитуды колебаний. Бывают случаи, что отложения и стенка трубы колеблются в противофазе.

Все это приводит к образованию микрощелей в отложениях, между отложениями и стенкой трубопровода.

Эти щели все время увеличиваются и соединяются в более крупные щели. В дальнейшем щели заполняются газом и жидкостью. При пульсации потока происходит сжатие жидкости и газа в щелях. Во время уменьшения давления в потоке, в щелях появляются силы, которые отрывают отложения от стенки трубопровода.

В этом случае между лепестками 4, 5 и отложениями 12 всегда имеется зазор, изменяющий постоянно свое сечение. Через этот зазор постоянно протекает поток, уносящий разрушенные отложения из зоны разрушения.

В зоне разрушения отложений зазор между лепестками 4, 5 и отложениями 12 постоянно изменяет сечение.

Так как на отложения подают вещество в жидкой фазе и в зоне разрушения отложений создают в веществе кавитационные пузырьки, при этом кавитационные пузырьки в веществе создают путем создания периодически изменяющегося давления, имеющего постоянную и переменную составляющие, причем указанные составляющие выбирают из следующих соотношений:

$$P_1 = \text{от } 0,3 \text{ до } 0,7 (P_2 + P_3)$$

$$P_2 + P_3 - P_1 = \text{от } 1 \text{ до } 10G;$$

где P_1 - постоянная составляющая давления (МПа); P_2 - переменная составляющая давления (МПа); P_3 - давление насыщенных паров обрабатываемого вещества при температуре подачи его в зону обработки (МПа); G - прочность на разрыв обрабатываемого вещества при температуре подачи его в зону обработки (МПа).

При соблюдении указанных условий одновременного воздействия переменного и статического давлений на вещество в жидкой фазе в жидкости образуются

кавитационные пузырьки в тот момент, когда сумма двух величин: амплитуды переменного давления и давления насыщенных паров вещества при данной температуре - превысит сумму двух величин: статического давления и прочности жидкости на разрыв при данной температуре. Момент этот по времени совпадает с моментом действия отрицательной полуволны переменного давления.

Во время действия на жидкость положительной полуволны переменного давления на навигационные пузырьки действует сумма двух давлений амплитуды переменного давления и статического давления, которое стремится сжать пузырьки, т.е. захлопнуть их. В момент захлопывания пузырьков их стенки под действием разности давлений, действующих на кавитационные пузырьки, ускоряются, приобретают кинетическую энергию и сталкиваются в центре. Величина приобретенной кинетической энергии оказывается достаточной для разрыва связи между молекулами, а также между нуклонами, преодоления сил отталкивания ядер и осуществления взаимодействия между элементарными частицами, содержащимися в ядрах обрабатываемого вещества. В результате в локальной области вещества в момент исчезновения кавитационного пузырька (его захлопывания) происходит реакция с выделением большого количества энергии, которую направляют в виде ударной волны на отложения и разрушают их.

Воздействие ударными волнами в жидкости на кавитационные пузырьки позволяет повысить выделение энергии на порядок, следовательно, разрушающая сила, действующая на отложения, также повышается.

При необходимости изменения энерговыделения изменяют переменное давление и/или статическое давление путем изменения мощности порции сжатого газа, импульсы потока создают путем увеличения или уменьшения подачи или отвода текучего продукта в трубопровод и из трубопровода.

Пульсирующий поток позволяет увеличивать скорость схлопывания кавитационных пузырьков. Это приводит к тому, что даже большие пузыри успевают схлопнуться в нужный полупериод. Кроме этого, он способствует и образованию кавитационных пузырьков за счет увеличения статического давления и резкого его уменьшения.

Колебания упругих лепестков увеличивают скорость образования микрощелей в отложениях.

Формирование струй потока жидкости на внутренней поверхности трубы, вытекающих из щелей с разными скоростями, способствует образованию вихревого движения струй. Также по этой причине в отложениях появляются силы сжатия и растяжения, способствующие образованию трещин в отложениях.

Расположение струй, имеющих большую и меньшую скорости истечения на поверхности отложений, увеличивает силы, сжимающие и разрывающие отложения.

Разделение потока жидкости по длине трубопровода на три или четыре зоны, в которых диапазон давления потока разный, способствует созданию импульсного изменения давления потока, созданию местных гидроударов. Это также приводит к колебанию трубы и отложений с разными параметрами, что способствует более эффективному разрушению отложений, при этом поток жидкости насыщается большим количеством более мелких частиц отложений.

Контакт упругих лепестков с отложениями только ребрами увеличивает удельное давление на отложения в десятки раз, что приводит к эффективному разрушению отложений, при этом на стенке трубопровода образуются полости с не полностью удаленными отложениями. В дальнейшем это приводит к измельчению этих

отложений и смешиванию с потоком жидкости, после разрушения этих полос отложений образуются проходы для жидкости, через которые поток жидкости проникает в щели между стенкой трубы и отложениями.

Кавитация происходит в зоне, образующейся в местах повышенного сдвига и понижения давления (между манжетами). В данном случае возникают разные типы кавитации. Так как лепестки колеблются, то возникает акустическая кавитация.

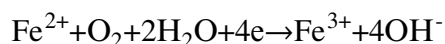
Скорость течения сильно снижается в межманжетном пространстве. Здесь давление становится выше давления пара. Как только условия, благоприятные для кавитации, исчезают, пузырьки тут же схлопываются. Энергия, высвобождаемая при схлопывании пузырей, колеблет трубу и разрушает отложения.

Кавитация вызывает периодические колебания давления, действующего на лепестки и стенку трубы.

Большая часть энергии, высвобождающейся при схлопывании кавитационных пузырей, преобразуется в звуковые волны, разрушающие отложения.

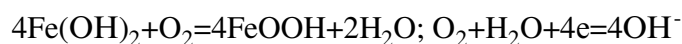
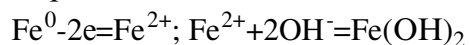
Механизм образования химического покрытия на внутренней поверхности очищенной поверхности стальной трубы

При воздействии кавитации на воду с растворенным в ней полифосфатом натрия и отложениями в ней происходит превращение двухвалентного железа по следующей схеме:



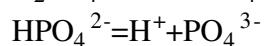
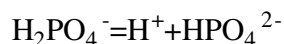
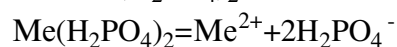
Данный процесс позволяет вторично получать гидроксильный радикал.

Так как в воде находится огромное количество мельчайших частиц отложений, то получается эффект множества короткозамкнутых гальванопар, возникающих при контакте двух или нескольких материалов, имеющих различные значения электрохимических потенциалов, с водой и растворенным в ней кислородом воздуха.

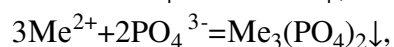
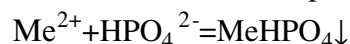


Способность Fe^0 к прямому переносу электронов в водных растворах приводит к созданию защитных покрытий, в основном из труднорастворимого гидрата закиси железа $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$ и образования фосфатных соединений.

Как показали исследования, внутренний слой, прилегающий к металлу, Fe_3O_4 , за ним следует Fe_2O_3 , наконец, наружный слой состоит из нерастворимых соединений различных элементов: дигидрофосфат марганца $\text{Mn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, дигидрофосфат железа $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.



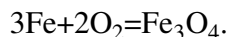
Соли двух- и трехзамещенных фосфатов марганца и железа малорастворимы, поэтому в процессе диссоциации соли в слое, граничащем с поверхностью изделия, образуется пересыщенный раствор этих солей, из которого происходит кристаллизация на поверхности железа фосфатного покрытия по реакции:



где Me - железо или марганец.

Ускорение фосфатирования происходит за счет окисления более благородных, чем фосфатируемые. Для ускорения фосфатирования, так как в потоке воды находятся

миллиарды частиц железа, при кавитации происходит окисление железа, в результате чего кислород связывается.



В результате происходит экранизация катодных участков нерастворимым карбонатом кальция.

| Таблица | | |
|--------------------|-----------------------------------|------|
| Группа стойкости | Скорость коррозии металла, мм/год | Балл |
| Совершенно стойкие | Менее 0,001 | 1 |
| Весьма стойкие | Свыше 0,001 до 0,005 | 2 |
| Стойкие | Свыше 0,005 до 0,01 | 3 |

Патент RU (II) 2070945 (13) C1 (51), 6 C23C 22/07. «Состав для ускоренного фосфатирования металлов».

Устройство, изображенное на фиг.5, работает следующим образом.

Правый рукав 20 подводят к левому рукаву 20, после этого системой 21 между рукавами в трубопровод 15 закачивают покрывающий раствор, например цементно-песчаную смесь. Рукава 20 и раствор 22 начинают перемещать вправо. После прихода рукава 20 в правую камеру 16 ее демонтируют и остатки раствора удаляют из нее. При перемещении раствора по трубопроводу он через свищи попадает в затрубное пространство трубопровода 15. Левый рукав 20 под давлением оставляют в трубопроводе 15 до затвердевания раствора, после чего рукав 20 выводят из трубопровода 15 и левую камеру 16 демонтируют.

Устройство, изображенное на фиг.6, работает следующим образом.

Описанным выше способом рукава 20, раствор 22 и тор 23 перемещаются по трубопроводу 15. Тор 23, воздействуя на стенку трубопровода 15 с заданным давлением, вдавливают раствор в грунт через свищи. Происходит опрессовка трубопровода. После затвердевания раствора и удаления рукавов трубопровод выдерживает заданное давление.

Устройство, изображенное на фиг.7, работает следующим образом.

Торы 23 перемещают до рукава 20. Между рукавом 20 и торами 23 закачивают раствор. После этого рукав 20, раствор 22 и торы 23 перемещают в правую камеру 16. После этого ее демонтируют и удаляют остатки раствора. После отвердения раствора рукав 20 удаляют из трубопровода 15. При перемещении тора 23 по трубопроводу 15 происходит опрессовка трубопровода. Торы 23 закачаны текучим агентом, например водой. При перемещении торов 23 по трубопроводу 15 они оказывают заданное давление на стенки трубопровода 15, обеспечивая опрессовку трубопровода.

Пример 1

Очищали трубопровод \varnothing 800 мм длиной 2000 мм от отложений с одновременным образованием химического покрытия на очищенной поверхности трубопровода.

Способ осуществляли устройством, изображенным на фиг.1-4.

Трубоочистной механизм \varnothing 800 мм установили в трубопровод и закачивали в трубопровод воду с давлением 0,5 МПа. Вода содержала растворенный полифосфат натрия с дозой 100 мг/л по P_2O_5 .

Этой водой перемещали трубоочистной механизм по трубопроводу, при этом воду с разрушенными отложениями из противоположного конца трубопровода сливали в шламоборник.

Через 30 минут трубоочистной механизм вышел из трубопровода.

Поверхность трубопровода была полностью очищена от отложений. На его

поверхности было образовано химическое покрытие светло-коричневого цвета.

После этого на химическое покрытие был нанесен слой цементно-песчаной смеси устройством, изображенным на фиг.5.

Пример 2

После очистки и нанесения химического покрытия на внутреннюю поверхность трубопровода наносили слой цементно-песчаной смеси и тампонируют трубопровод.

Способ осуществляют устройством, изображенным на фиг.6.

На концах трубопровода были установлены камеры с полипропиленовыми рукавами длиной 2050 м и диаметром 800 мм, а также тор диаметром 810 мм и длиной 10 м.

Тор установили в трубопровод между рукавами.

Правый рукав давлением воздуха переместили к левому рукаву.

Между рукавами в трубопровод закачали заданный объем цементно-песчаной смеси.

Тор был заполнен водой под давлением 1,6 МПа. После этого правый рукав начали выводить из трубопровода, а левый рукав вводить в трубопровод.

Рукава, цементно-песчаная смесь и тор начали перемещаться к правому концу трубопровода.

Давление в правом и левом рукавах поддерживали равным 0,5 МПа.

Цементно-песчаная смесь через свищи трубопровода выдавливалась в грунт.

При накатывании тора давление на смесь увеличивалось и было равно 1,6 МПа.

Слабые места трубопровода разрывались и смесь выдавливалась в грунт. После прихода левого рукава к правому концу правую камеру с рукавом, тором и излишками смеси демонтировали.

Правый рукав оставили в трубопроводе под давлением, равным 0,5 МПа, до затвердевания смеси.

После 32 часов правый рукав вывели из трубопровода. На стенке трубопровода было образовано цементно-песчаное покрытие толщиной 3-4 мм. Трубопровод был запущен в эксплуатацию и по нему перекачивали воду под давлением 1,2 МПа.

Разрывов трубопровода не обнаружено.

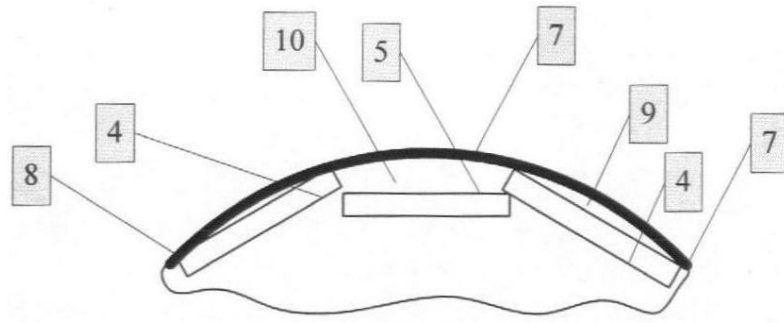
Изобретение позволяет существенно снизить затраты на проведение восстановления трубопроводов.

Формула изобретения

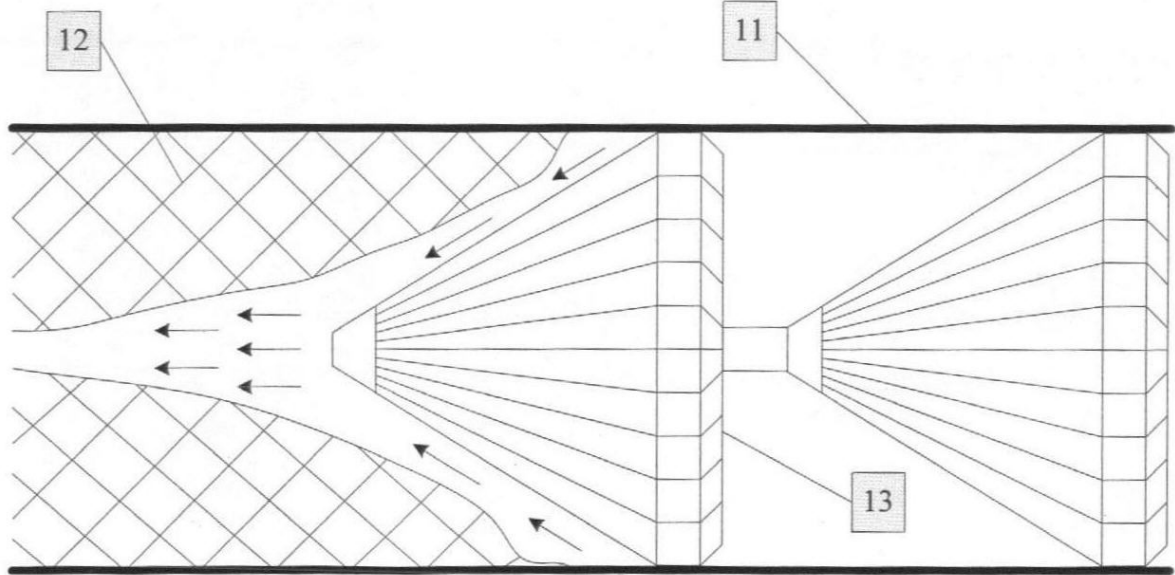
1. Способ восстановления трубопровода, включающий диагностику, очистку, покрытие трубопровода, отличающийся тем, что первоначально одновременно производят очистку и нанесение покрытия на очищенную внутреннюю поверхность трубопровода, затем одновременно производят тампонирующее и покрытие трубопровода.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что очистку и нанесение покрытия осуществляют путем перемещения по трубопроводу потоком воды механизма, которым на его периферии образуют струи потока воды, в которые вводят ингибитор, и этими струями разрушают отложения и образуют покрытия на очищенной поверхности трубопровода.

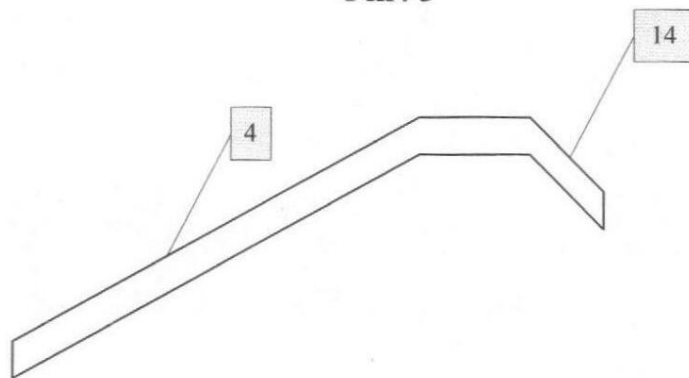
3. Устройство для очистки и нанесения покрытия, включающее вал со ступицами, на которых в шахматном порядке установлены эластичные и упругие лепестки, образующие щели по периферии устройства, при этом оно снабжено системой ввода в трубопровод воды и ингибитора.



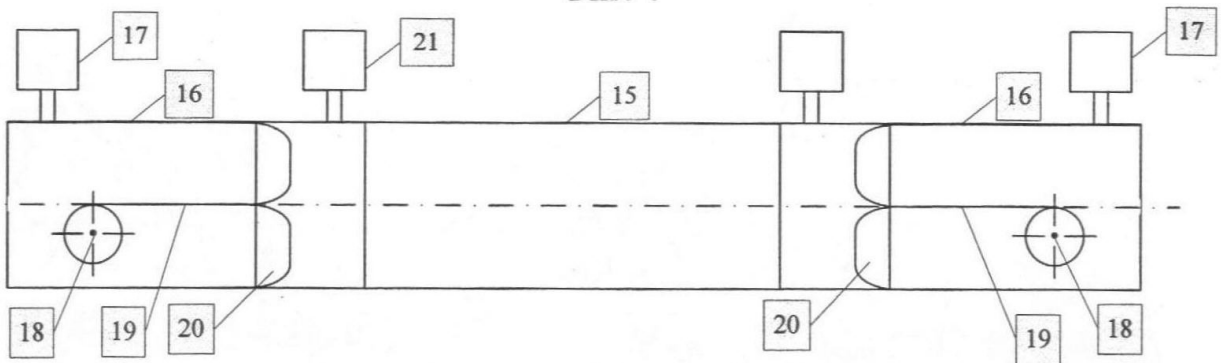
Фиг. 2



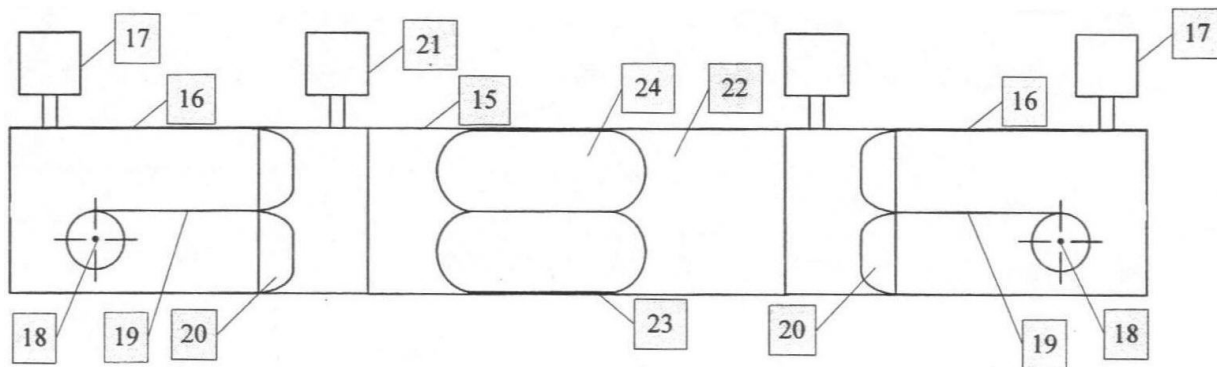
Фиг. 3



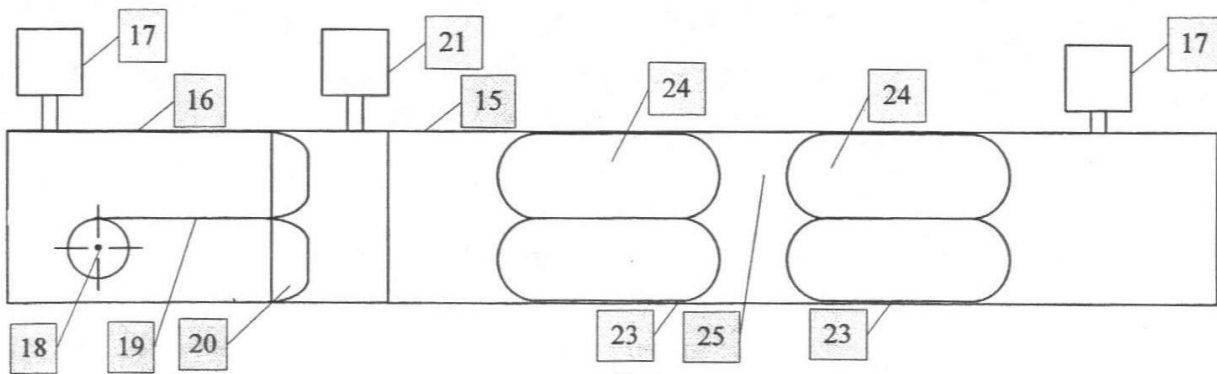
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7