

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2851542

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ПОЛОТНА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Мельников Виталий Геннадьевич (RU), Григоров Андрей Михайлович (RU)*

Заявка № 2025120048

Приоритет изобретения **21 июля 2025 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **25 ноября 2025 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **21 июля 2045 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B61K 9/08 (2025.08); *G01N 29/04* (2025.08)

(21)(22) Заявка: 2025120048, 21.07.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.07.2025

Дата регистрации:
25.11.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.07.2025

(45) Опубликовано: 25.11.2025 Бюл. № 33

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
Санкт-Петербургский Горный Университет,
Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Мельников Виталий Геннадьевич (RU),
Григоров Андрей Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II"
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2225308 C2, 10.03.2004. RU
2733907 C1, 08.10.2020. RU 2521095 C1,
27.06.2014. CN 104590316 B, 22.02.2017. EP
3333043 A1, 13.06.2018.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

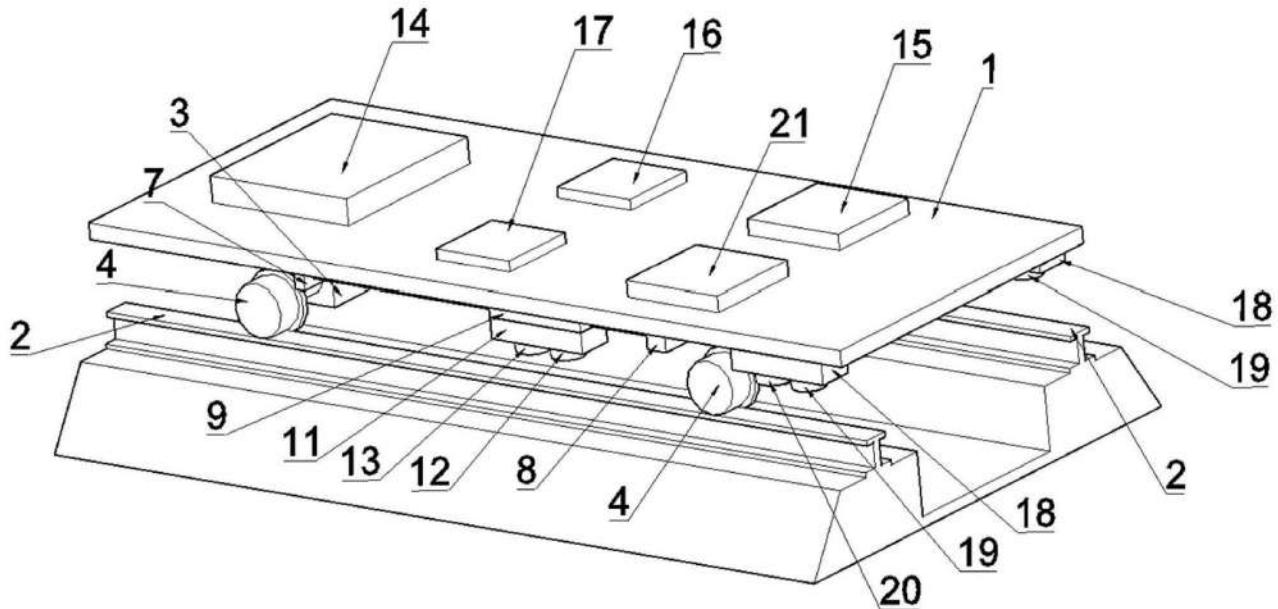
(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для неразрушающего контроля состояния железнодорожного пути в подземных горных выработках. Устройство для автоматизированной диагностики технического состояния действующего железнодорожного полотна содержит широконаправленную систему ультразвукового контроля, которая обнаруживает трещины и дефекты при движении устройства по рельсовому полотну на большой скорости. Устройство содержит также узконаправленную систему ультразвукового контроля, которая проводит повторное сканирование ранее обнаруженных трещин с

высокой точностью без необходимости замедления или остановки устройства, поскольку система ультразвукового контроля будет перемещаться в направлении, противоположном движению устройства, и относительная скорость узконаправленной системы ультразвукового сканирования относительно рельсового полотна при сканировании будет равна или приблизительно равна нулю, что нивелирует погрешности и ошибки, которые возникают при движении устройства. В результате повышается эффективность диагностики технического состояния действующего железнодорожного полотна. 4 ил.

R U 2 8 5 1 5 4 2 C 1

R U 2 8 5 1 5 4 2 C 1



Фиг. 2

R U 2 8 5 1 5 4 2 C 1

R U 2 8 5 1 5 4 2 C 1

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
B61K 9/08 (2025.08); G01N 29/04 (2025.08)

(21)(22) Application: 2025120048, 21.07.2025

(24) Effective date for property rights:
21.07.2025Registration date:
25.11.2025

Priority:

(22) Date of filing: 21.07.2025

(45) Date of publication: 25.11.2025 Bull. № 33

Mail address:
199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, Sankt-Peterburgskij Gornij Universitet, Patentnolitsenzionnyj otdel

(72) Inventor(s):

Melnikov Vitalii Gennadevich (RU),
Grigorov Andrei Mikhailovich (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet imperatritys Ekateriny II» (RU)C1
2 8 5 1 5 4 2R U
2 8 5 1 5 4 2

C 1

(54) DEVICE FOR AUTOMATED DIAGNOSTICS OF TECHNICAL CONDITION OF OPERATING RAILWAY TRACK

(57) Abstract:

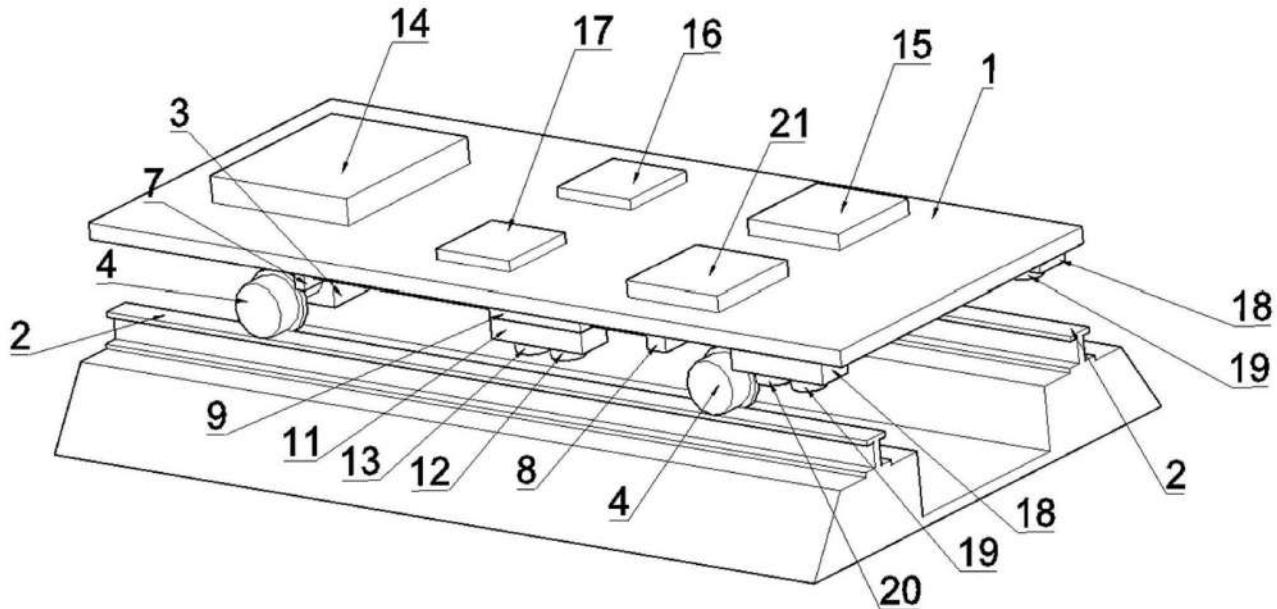
FIELD: measuring technology.

SUBSTANCE: invention can be used for non-destructive testing of the condition of railway tracks in underground mine workings. The device for automated diagnostics of the technical condition of an operating railway track contains a wide-angle ultrasonic inspection system that detects cracks and defects as the device moves along the track at high speed. The device also contains a narrow-beam ultrasonic inspection system that rescans previously detected cracks with high accuracy without the need to slow down or stop

the device, as the ultrasonic inspection system will move in the direction opposite to the movement of the device, and the relative speed of the narrow-beam ultrasonic scanning system relative to the track during scanning will be equal to or approximately equal to zero, which will eliminate the errors and inaccuracies that arise when the device is moving.

EFFECT: improved efficiency of diagnosing the technical condition of the existing railway track.

1 cl, 4 dwg



Фиг. 2

R U 2 8 5 1 5 4 2 C 1

R U 2 8 5 1 5 4 2 C 1

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для неразрушающего контроля состояния железнодорожного пути в подземных горных выработках.

Известен электромагнитно-акустический преобразователь (авторское свидетельство

5 ССР № 1293632, опубл. 28.02.1987 г.), содержащий преобразователь, снабженный двумя парами поддерживающих роликов, установленных на рамке между основными роликами и контактирующих с эластичной электрически и механически прочной замкнутой лентой. Кроме того, данное устройство снабжено дополнительным роликом с ребордами, установленными на рамке на поддерживающими роликами, который

10 также охвачен эластичной лентой.

Недостатком устройства является размещение подмагничивающего устройства с противоположной стороны контролируемого изделия напротив высокочастотной катушки, а также необходимость перемещения контролируемого изделия между подмагничивающим устройством и высокочастотной катушкой, поскольку требуется

15 обязательный демонтаж стационарных контролируемых изделий.

Известно мобильное устройство для ультразвукового контроля рельсов (патент RU № 2797797, опубл. 08.06.2023 г.), содержащее два основных искательных узла, размещенных на несущей тележке, установленной на снабженном двумя ходовыми

20 тележками мобильном средстве. В качестве несущей тележки использована одна из

ходовых тележек. Оно содержит также два дополнительных искательных узла, размещенных на другой ходовой тележке. Каждый из основных и дополнительных искательных узлов включает соответственно основной и дополнительный акустические блоки с ультразвуковыми преобразователями, расположенными последовательно вдоль продольной оси соответствующего акустического блока, с обеспечением возможности

25 излучения ультразвуковых колебаний в соответствующий рельс. С ультразвуковыми преобразователями связан электронный блок управления и регистрации. Каждый из основных и дополнительных акустических блоков включает ультразвуковой преобразователь, выполненный с углом ввода 0 градусов, и два ультразвуковых преобразователя, выполненных с углами ввода от 36 до 44 градусов без разворота

30 относительно продольной оси соответствующего акустического блока. Один из этих ультразвуковых преобразователей выполнен с обеспечением возможности излучения в направлении движения мобильного средства, а другой - против него. Другие ультразвуковые преобразователи в каждом из дополнительных акустических блоков выполнены с иными величинами углов ввода и разворота относительно продольной

35 оси соответствующего дополнительного акустического блока по сравнению с ультразвуковыми преобразователями основных акустических блоков.

Недостатком устройства является неподвижное закрепление искательных узлов на мобильном средстве, поскольку скорость движения искательных узлов относительно рельса, которая влияет на точность измерений, будет напрямую зависеть от скорости

40 движения мобильного устройства.

Известен измеритель магнитного дефектоскопа протяженного изделия сложной формы (патент RU № 2645830, опубл. 28.02.2018 г.), состоящий из блока намагничивания, выполненного в виде двух разнесенных соленоидов, охватывающих изделие, и магниточувствительного датчика, расположенного между соленоидами, а также

45 содержащий множество магниточувствительных датчиков, расположенных по периметру поперечного сечения изделия с требуемом разрешением, установленных в поперечном захвате изделия в подвесах, обеспечивающих минимальный зазор между датчиками и поверхностью изделия при перемещении изделия сквозь соленоид и захват, а соленоиды

выполнены охватывающими изделие по контуру.

Недостатком устройства является использование блока намагничивания, выполненного в виде двух разнесенных соленоидов, охватывающих изделие, поскольку два разнесенных соленоида представляют собой кольца, внутри которых и перемещается изделие, то требуется дополнительное устройство для перемещения изделия сквозь соленоиды, а также использование множества магниточувствительных датчиков, расположенных по всему периметру поперечного сечения изделия, что требует большого количества времени по их установке на изделие.

Известно устройство электромагнитно-акустического контроля рельсов (патент RU

№ 2653663, опубл. 11.05.2018 г.), содержащий тестовое колесо с множеством электромагнитно-акустических преобразователей, равномерно размещенных в специальных углублениях в ободе по периметру тестового колеса. Магнитная система электромагнитно-акустических преобразователей выполнена в виде двухосной тележки с размещением соленоидов на осях колесных пар. Соленоиды связаны магнитной цепью с осями колесных пар. Колеса служат полюсами электромагнита и не менее чем одно колесо тележки на каждой рельсовой нити является тестовым, а индукторы электромагнитно-акустических преобразователей закреплены в ободе колеса герметично. В результате повышается эффективность возбуждения ультразвуковых колебаний бесконтактным способом в контролируемом рельсе при значительных скоростях сканирования.

Недостатком устройства является использование контактной формы измерений, а именно индукторов, находящихся в непосредственном, через тонкий слой компаунда, контакте с поверхностью катания контролируемого рельса, поскольку неровности и посторонние предметы на рельсах, а также возникающие при движении вибрации будут постепенно разрушать слой компаунда.

Известна дефектоскопная тележка для совмещенного магнитного и ультразвукового контроля рельсового пути (патент RU № 2225308, опубл. 10.03.2004 г.), принятая за прототип, включающая раму, опирающуюся на колесные пары, и магнитную систему с намагничающими катушками. При этом намагничающие катушки расположены соосно на осях колесных пар тележки с минимальными радиальными и торцевыми зазорами посредством комбинированных гидродинамических опор с газостатической системой компенсации нагрузки и наддува опор от попадания в зону трения абразивной пыли, с фиксацией опор от проворота реактивными тягами. Система ультразвукового контроля размещена между колесными парами. В результате повышается разрешающая способность и обеспечивается надежная работа дефектоскопа.

Недостатком устройства является использование индукционного датчика, скользящего по поверхности намагниченного рельса, который дает изменение контрольного тока в регистрационном устройстве при прохождении через искаженное магнитное поле, поскольку изменение температуры окружающей среды будет изменять электрическое сопротивление рельса, что будет изменять контрольный ток и может привести к неточности получаемых данных, а также потому, что изменение контрольного тока при небольших дефектах будет незначительным и для фиксации этого изменения потребуется регистрационное устройство очень большой точности.

Техническим результатом является повышение эффективности диагностики технического состояния действующего железнодорожного полотна

Технический результат достигается тем, что рама выполненной в форме прямоугольника, в углах нижней части которой закреплены электроприводы с возможностью регулирования скорости вращения, которые соединены с колесами через

валы вращения, внизу передней и задней частях рамы, установлена система амортизации, на которой закреплены электроприводы, а между ними, над каждым исследуемым рельсовым полотном, закреплены линейные направляющие и электромоторы, которые соединены с линейными модулями линейными направляющими, при этом на каждом 5 линейном модуле закреплена узконаправленная система ультразвукового контроля, в которой последовательно установлены узконаправленный излучатель ультразвуковых волн и приемник ультразвуковых волн, на верхней части рамы сзади закреплен с возможностью съема аккумулятор, выход которого соединен через электрический кабель с входами электроприводов и электромоторов, а на передней части рамы 10 закреплен с возможностью съема блок хранения результатов сканирования, вход которого соединен через электрический кабель с выходом аккумулятора, в центральной части рамы закреплены блок управления электроприводами и микропроцессор, входы которых соединены через электрический кабель с выходом аккумулятора, выход микропроцессора соединен через электрический кабель с входами электромоторов, 15 выход блока управления электроприводами соединен через электрический кабель с входами электроприводов и электромоторов, вход микропроцессора соединен через электрический кабель с выходом узконаправленной системы ультразвукового контроля, а выход микропроцессора соединен через электрический кабель с выходом блока хранения результатов сканирования, в передней части рамы, над каждым исследуемым рельсовым 20 полотном, снизу жестко закреплена широконаправленная система ультразвукового контроля, в которой последовательно установлены широконаправленный излучатель ультразвуковых волн и приемник ультразвуковых волн, выход которой соединен через электрический кабель с входом микропроцессора, выход аккумулятора соединен через электрический кабель с входами узконаправленной системы ультразвукового контроля 25 и широконаправленной системы ультразвукового контроля, сверху на передней части рамы закреплен измеритель скорости движения устройства, вход которого соединен через электрический кабель с выходом аккумулятора, а выход измерителя скорости движения устройства соединен через электрический кабель с входом микропроцессора.

Устройство поясняется следующими фигурами:

- 30 фиг. 1 - общий вид устройства;
- фиг. 2 - устройство, установленное на исследуемое рельсовое полотно;
- фиг. 3 - вид устройства сбоку;
- фиг. 4 - вид устройства спереди;
- 1 - рама;
- 35 2 - исследуемое рельсовое полотно;
- 3 - электропривод;
- 4 - колесо;
- 5 - валы вращения;
- 6 - система амортизации;
- 40 7 - линейные направляющие;
- 8 - электромоторы;
- 9 - линейные модули;
- 10 - винтообразные линейные направляющие;
- 11 - узконаправленная система ультразвукового контроля;
- 45 12 - узконаправленный излучатель ультразвуковых волн;
- 13 - приемник ультразвуковых волн;
- 14 - аккумулятор;
- 15 - блок хранения результатов сканирования;

- 16 - блок управления электроприводами;
- 17 - микропроцессор;
- 18 - широконаправленная система ультразвукового контроля;
- 19 - широконаправленный излучатель ультразвуковых волн;
- 5 20 - приемник ультразвуковых волн;
- 21 - измеритель скорости движения устройства.

Устройство для автоматизированной диагностики технического состояния действующего железнодорожного полотна состоит из рамы 1 (фиг.1-4), выполненной в форме прямоугольника. В углах нижней части рамы 1 закреплены электроприводы

- 10 3 с возможностью регулирования скорости вращения, которые соединены с колесами 4 через валы вращения 5. Внизу передней и задней частях рамы 1 установлена система амортизации 6, на которой закреплены электроприводы 3. На нижней части рамы 1, над каждым исследуемым рельсовым полотном 2, закреплены линейные направляющие 7 и электромоторы 8, которые соединены с линейными модулями 9 винтообразными
- 15 линейными направляющими 10. На каждом линейном модуле 9 между колесами закреплена узконаправленная система ультразвукового контроля 11, в которой последовательно установлены узконаправленный излучатель ультразвуковых волн 12 и приемник ультразвуковых волн 13. Сзади на верхней части рамы 1 закреплен с возможностью съема аккумулятор 14, выход которого соединен через электрический
- 20 кабель с входами электроприводов 3 и электромоторов 8. Сверху на передней части рамы 1 закреплен с возможностью съема блок хранения результатов сканирования 15, вход которого соединен через электрический кабель с выходом аккумулятора 14. Сверху в центральной части рамы 1 закреплены блок управления электроприводами 16 и микропроцессор 17, входы которых соединены через электрический кабель с выходом
- 25 аккумулятора 14. Выход микропроцессора 17 соединен через электрический кабель с входами электромоторов 8. Выход блока управления электроприводами 16 соединен через электрический кабель с входами электроприводов 3 и электромоторов 8. Вход микропроцессора 17 соединен через электрический кабель с выходом узконаправленной системы ультразвукового контроля 11. Выход микропроцессора 17 соединен через
- 30 электрический кабель с входом блока хранения результатов сканирования 15. В передней части рамы 1, над каждым исследуемым рельсовым полотном 2, снизу жестко закреплена широконаправленная система ультразвукового контроля 18, в которой последовательно установлены широконаправленный излучатель ультразвуковых волн 19 и приемник ультразвуковых волн 20. Выход широконаправленной системы ультразвукового
- 35 контроля 18 соединен через электрический кабель с входом микропроцессора 17. Выход аккумулятора 14 соединен через электрический кабель с входами узконаправленной системы ультразвукового контроля 11 и широконаправленной системы ультразвукового контроля 18. Сверху на передней части рамы 1 закреплен измеритель скорости движения устройства 21, вход которого соединен через электрический кабель с выходом
- 40 аккумулятора 14, а выход измерителя скорости движения устройства 21 соединен через электрический кабель с входом микропроцессора 17.

Устройство работает следующим образом. Устройство устанавливается в начало исследуемого рельсового полотна 2. Работник устанавливает в устройство аккумулятор 14. С выхода аккумулятора 14 на вход микропроцессора 17 через электрический кабель поступает электрическая энергия. В микропроцессоре 17 запускается предустановленная программа. С выхода микропроцессора 17 на вход блока управления электроприводов 16 поступает управляющий сигнал. На выходе блока управления электроприводов 16 формируются сигналы, которые поступают на входы электроприводов 3 через

электрический кабель и приводят в движение колеса 4 через валы вращения 5 с заданной микропроцессором 17 скоростью. Электроприводы 3 соединены с рамой 1 через систему амортизации 6, необходимую для гашения толчков и ударов в процессе движения. Во время движения устройства на вход широконаправленной системы ультразвукового контроля 18 через электрический кабель поступают управляющие сигналы с выхода микропроцессора 17 и широконаправленная система ультразвукового контроля 18 проводит сканирование исследуемого рельсового полотна 2, излучая ультразвуковые волны широконаправленным излучателем ультразвуковых волн 19 и принимая отраженные ультразвуковые волны приемником ультразвуковых волн 20. Данные, получаемые в процессе сканирования, передаются через электрический кабель с выхода широконаправленной системой ультразвукового контроля 18 на вход микропроцессора 17, который обрабатывает получаемые данные. В случае обнаружения трещин в рельсовом полотне 2 с выхода микропроцессора 17 через электрический кабель на вход электромотора 8 поступит управляющий сигнал, который приведет во вращение винтообразную линейную направляющую 10, перемещая линейный модуль 9 вдоль исследуемого рельсового полотна 2 со скоростью, равной или близкой к скорости устройства, измеренной и переданной через электрический кабель с выхода измерителя скорости движения устройства 21 на вход микропроцессора 17, но в направлении, противоположном направлению движения устройства, причем с выхода микропроцессора 17 через электрический кабель будет отправлен управляющий сигнал на вход только того электромотора 8, где произошло обнаружение трещины. В этот же момент с выхода микропроцессора 17 через электрический кабель будет подан сигнал на вход узконаправленной системы ультразвукового контроля 11, которая будет перемещаться вместе с линейным модулем 9, одновременно сканируя исследуемое рельсовое полотно 2, излучая ультразвуковые волны узконаправленным излучателем ультразвуковых волн 12 и принимая отраженные ультразвуковые волны приемником ультразвуковых волн 13. Узконаправленная система ультразвукового контроля 11 перемещается со скоростью, равной или к близкой скорости устройства, но в направлении, противоположном направлении движения устройства, поэтому скорость движения узконаправленной системы ультразвукового контроля 11 относительно исследуемого рельсового полотна 2 будет равна или близка к нулю, что, в свою очередь, нивелирует ошибки сканирования, возникающие от движения устройства, и позволяет просканировать выявленный участок с высокой точностью. Узконаправленная система ультразвукового контроля 11 излучает ультразвуковые волны в узком диапазоне, поэтому при одной и той же мощности источника, которая поступает с выхода аккумулятора 14 через электрический кабель на вход широконаправленной системы ультразвукового контроля 18, а после поступает на вход узконаправленной системы ультразвукового контроля 11, узконаправленный излучатель ультразвуковых волн 12, потребляя такую же мощность, будет излучать ультразвуковые волны большей интенсивности, что, в свою очередь, приведет к более достоверным данным, за счет более глубокого проникновения ультразвуковых волн вглубь металла и повышению точности сканирования. С выхода узконаправленной системой ультразвукового контроля 11 необработанные данные через электрический кабель поступают на вход блока хранения результатов сканирования 15. По окончании сканирования блок хранения результатов сканирования 15 снимается с устройства для дальнейшей обработки данных, полученных во время сканирования.

Устройство для автоматизированной диагностики технического состояния действующего железнодорожного полотна позволяет повысить эффективность

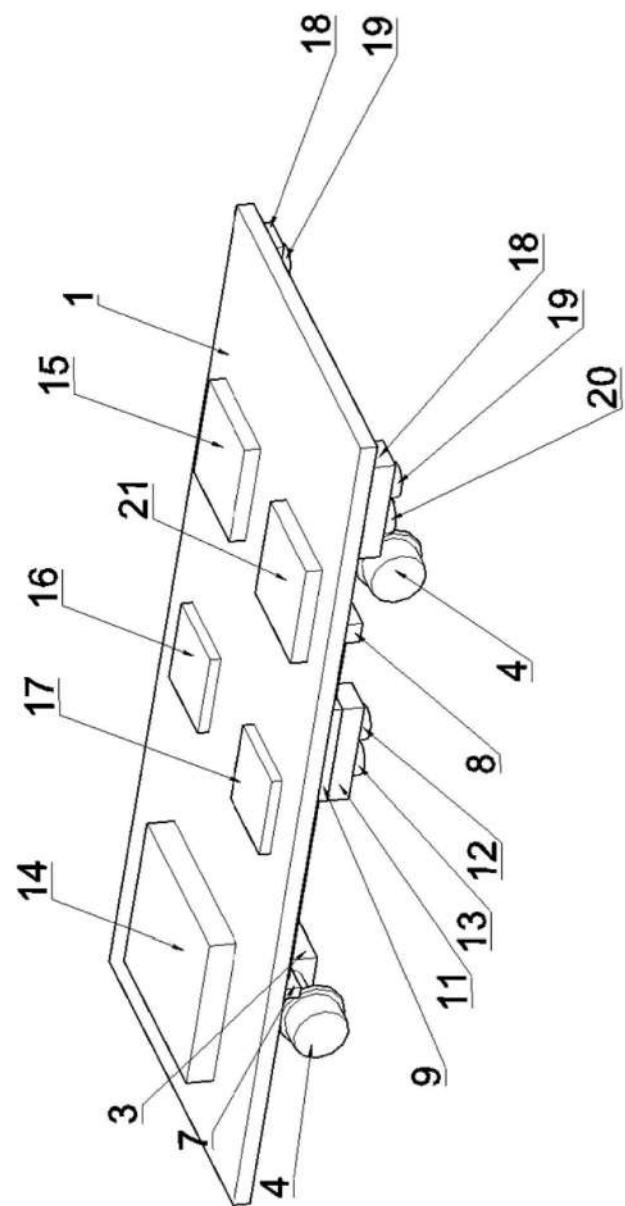
диагностики технического состояния действующего железнодорожного полотна за счет использования широконаправленной системы ультразвукового контроля, которая обнаруживает трещины и дефекты при движении устройства по рельсовому полотну на большой скорости, а также за счет использования узконаправленной системы

- 5 ультразвукового контроля, которая проводит повторное сканирование ранее обнаруженных трещин с высокой точности без необходимости замедления или остановки устройства, поскольку система ультразвукового контроля будет перемещаться в направлении противоположном движении устройства и относительная скорость узконаправленной системы ультразвукового сканирования относительной рельсового
- 10 полотна при сканировании будет равна или приблизительно равна нулю, что нивелирует погрешности и ошибки, которые возникают при движении устройства.

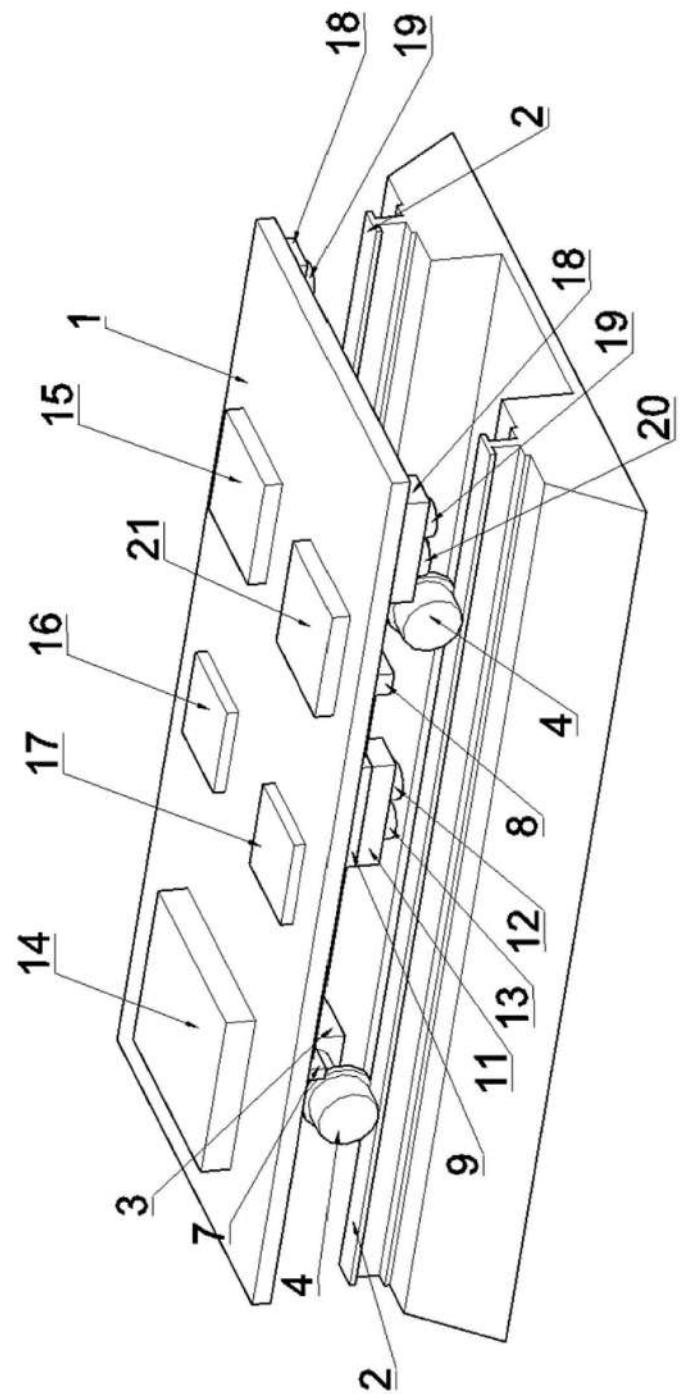
(57) Формула изобретения

Устройство для автоматизированной диагностики технического состояния

- 15 действующего железнодорожного полотна, содержащее раму, опирающуюся на колеса, а также узконаправленную систему ультразвукового контроля, расположенную между колесами, отличающееся тем, что рама выполнена в форме прямоугольника, в углах нижней части которой закреплены электроприводы с возможностью регулирования скорости вращения, которые соединены с колесами через валы вращения, внизу передней
- 20 и задней частей рамы установлена система амортизации, на которой закреплены электроприводы, а между ними над каждым исследуемым рельсовым полотном закреплены линейные направляющие и электромоторы, которые соединены с линейными модулями линейными направляющими, при этом на каждом линейном модуле закреплена узконаправленная система ультразвукового контроля, в которой
- 25 последовательно установлены узконаправленный излучатель ультразвуковых волн и приемник ультразвуковых волн, на верхней части рамы сзади закреплен с возможностью съема аккумулятор, выход которого соединен через электрический кабель с входами электроприводов и электромоторов, а на передней части рамы закреплен с возможностью съема блок хранения результатов сканирования, вход которого соединен
- 30 через электрический кабель с выходом аккумулятора, в центральной части рамы закреплены блок управления электроприводами и микропроцессор, входы которых соединены через электрический кабель с выходом аккумулятора, выход микропроцессора соединен через электрический кабель с входами электромоторов, выход блока управления электроприводами соединен через электрический кабель с входами
- 35 электроприводов и электромоторов, вход микропроцессора соединен через электрический кабель с выходом узконаправленной системы ультразвукового контроля, а выход микропроцессора соединен через электрический кабель с выходом блока хранения результатов сканирования, в передней части рамы над каждым исследуемым рельсовым полотном снизу жестко закреплена широконаправленная система ультразвукового
- 40 контроля, в которой последовательно установлены широконаправленный излучатель ультразвуковых волн и приемник ультразвуковых волн, выход которой соединен через электрический кабель с входом микропроцессора, выход аккумулятора соединен через электрический кабель с входами узконаправленной системы ультразвукового контроля и широконаправленной системы ультразвукового контроля, сверху на передней части
- 45 рамы закреплен измеритель скорости движения устройства, вход которого соединен через электрический кабель с выходом аккумулятора, а выход измерителя скорости движения устройства соединен через электрический кабель с входом микропроцессора.

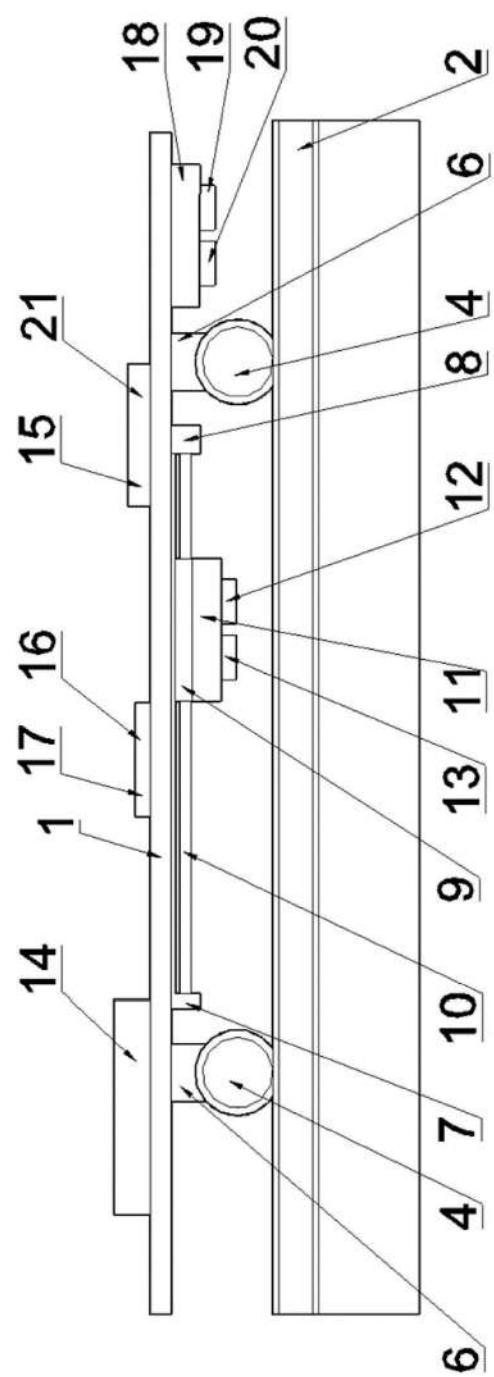


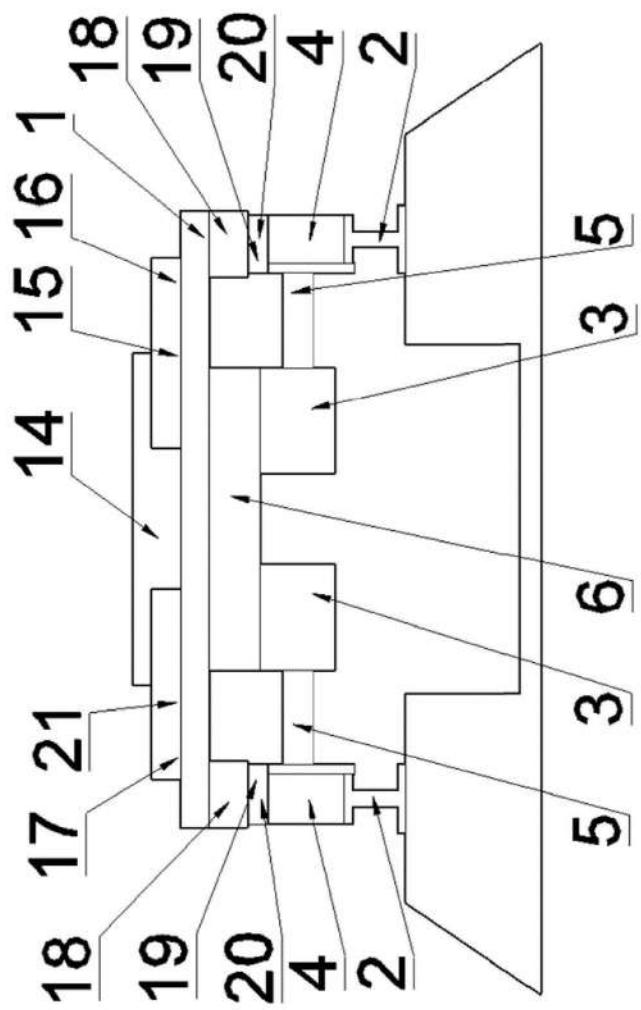
Фиг. 1



Фиг. 2

Фиг. 3





Фиг. 4