

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202000373** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2021.05.24

(51) Int. Cl. **B61L 1/06** (2006.01)
B61L 23/04 (2006.01)
G01H 9/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2019.06.24

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УЧАСТКА РЕЛЬСОВОГО ПУТИ**

(31) **A204/2018**

(32) **2018.07.11**

(33) **AT**

(86) **PCT/EP2019/066588**

(87) **WO 2020/011517 2020.01.16**

(71) Заявитель:

**ПЛАССЕР ЭНД ТОЙРЕР ЭКСПОРТ
ФОН БАНБАУМАШИНЕН ГМБХ;
ФРАУШЕР СЕНСОРТЕХНИК ГМБХ
(AT)**

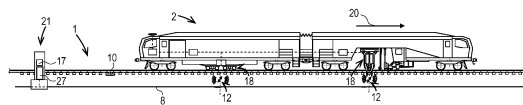
(72) Изобретатель:

**Вилкцек Крцисцтоф, Ауэр Флориан,
Копф Фритц, Розенбергер Мартин
(AT), Хубер Штефан (DE), Ланкастер
Гавин, Цайлингер Рене (AT)**

(74) Представитель:

Курьшев В.В. (RU)

(57) Настоящее изобретение касается способа контроля участка (1) рельсового пути с помощью контрольного устройства (21), которое соединено с сенсором (8), простирающимся вдоль участка (1) рельсового пути, при этом подвергающийся действию вибраций сенсор (8) направляет измеренные данные для контрольного устройства (21). При этом по участку (1) рельсового пути перемещается рельсовое транспортное средство (2), при этом вибрации (12) накладываются с известными значениями (a , Q_A , Q_S) на участок (1) рельсового пути и передаются на сенсор (8), при этом регистрируются данные пути (x) рельсового транспортного средства и при этом выделяется с помощью вычислительного устройства (21) из значений вибрации (a , Q_A , Q_S), данных пути (x) и измеренных данных для участка (1) рельсового пути характеристика (13) передаваемой вибрации. Таким образом, выполняется с помощью одноразового перемещения по участку (1) рельсового пути калибровка системы.



A1

202000373

202000373

A1

СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УЧАСТКА РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

Описание

Область техники

[01] Настоящее изобретение касается способа контроля участка рельсового пути с помощью контрольного устройства, которое соединено с сенсором, простирающимся вдоль участка рельсового пути, при этом подверженный вибрации сенсор направляет данные измерения для контрольного устройства. Изобретение касается также системы для выполнения способа.

Уровень техники

[02] Вдоль участков рельсового пути устанавливаются различные контрольные устройства, чтобы контролировать движение по железной дороге, инфраструктуру железной дороги и прочую активность на рельсовом пути. К ним можно, например, добавить системы счётчика колёс, которые используются как устройство дорожной сигнализации. Другими известными контрольными устройствами являются видео системы, тепловые сенсоры и т. д. Дополнительно могут использоваться проложенные вдоль участка рельсового пути кабели или же провода в качестве компонентов контрольной системы.

[03] Например, из патента EP 3 275 763 A1 известно контрольное устройство, которое подключено к световоду, проложенному рядом с рельсом. Это контрольное устройство регистрирует вибрации или же звуковые сигналы вдоль участка рельсового пути. Конкретно, детектируются отражения лазерных импульсов в стекловолокне световода. Эти отражения изменяются, когда звуковые волны попадают на световод. Например, когерентный лазерный импульс направляется с предварительной определённой частотой в одномодовое волокно. Естественные включения внутри волокна отражают части этого лазерного импульса на источник (обратное рассеивание). Специально разработанные алгоритмы позволяют на базе компонента обратного рассеивания определять магнитопроводы на месте и свойство источника вибрации вдоль участка рельсового пути.

[04] При этом возникают трудности в том, что передача вибрации от источника вибрации до световода зависит от многих неизвестных включений. Обычно прокладывается световод в кабельном жёлобе, который не всегда проходит параллельно рельсовому пути. При этом предусматриваются кабельные петли, чтобы иметь возможность в случае

необходимости выполнять компенсацию длины кабеля. Тем самым, зависит на контролируемом участке рельсового пути длина световода, как правило, от длины участка рельсового пути. Также и сооружения на земле и щебёночная постель рельсового пути существенно влияют на передачу вибрации.

[05] Для того, чтобы преодолеть эти трудности оцениваются, например, выходные сигналы позиционного сенсора, расположенного на рельсовом пути (например, счётчик колёс), совместно с детектируемыми отражениями света в стеклянном волокне. Благодаря комбинации этих обоих результатов измерения может определяться положение рельсового транспортного средства по всей длине участка рельсового пути в достаточной степени точно, при этом выделяется приблизительная позиция между позиционными сенсорами из детектируемых отражений света стеклянного волокна. Также в случае параллельно расположенных рельсовых путей показывают позиционные сенсоры надёжное расположение эксплуатируемых в данный момент рельсовых путей.

Краткое описание изобретения

[06] В основе заявленного изобретения лежит задача – создать улучшенные способ и систему указанного выше типа по сравнению с известным уровнем техники.

[07] В соответствии с заявленным изобретением эта задача решается с помощью признаков пунктов 1 и 8 формулы изобретения. Зависимые пункты формулы описывают частные варианты выполнения изобретения.

[08] При этом по участку рельсового пути перемещается рельсовое транспортное средство, причём накладываются вибрации с известными значениями вибрации на участок рельсового пути и передаются на сенсор. При этом регистрируются данные положения рельсового транспортного средства, причём с помощью вычислительного устройства вычисляется из значений вибрации, данных положения рельсового транспортного средства и измеренных данных участка рельсового пути характеристика переданной вибрации. В качестве известных значений вибрации являются действительными при этом общие установленные параметры или измеренные зарегистрированные величины, которые характеризуют наложенные вибрации. Таким образом, выполняется при однократном перемещении по участку рельсового пути калибровка системы. Конкретно с помощью эмиссий известных вибраций и данных положения рельсового транспортного средства на каждом участке рельсового пути определяют, каким образом воздействуют существующие локальные условия на

измеренные сенсором данные. Значимыми являются при этом, в частности, демпфирующие или отражающие звук элементы между источником вибрации и сенсором. Для последующих измерений используются также результаты оценок измеренных сенсорами данных. Тем самым, отпадает необходимость в других расположенных вдоль рельсового пути сенсорах, чтобы выполнить точное расположение источников звука или же вибрации на контролируемом участке рельсового пути.

[09] В другом варианте выполнения способа предусматривается, что накапливается характеристика переданных вибраций как функция передачи в контрольном устройстве. Тем самым, может выполняться точная и быстрая оценка замеренных сенсором данных, при этом может оптимизироваться функция передачи для различных случаев применения. Например, могут фильтроваться определённые частоты вибрации, когда они не имеют никакого отношения для специальной оценки.

[10] Преимущественно отводятся измеренные данные из сигнальных данных световода, в частности, с помощью распределительной акустической регистрации, по крайней мере, через одно волокно световода. С помощью так называемой распределительной акустической регистрации (Distributing Acoustic Sensing DAS) может использоваться световод как виртуальный микрофон. При этом необходимо собственно выполнять минимальные работы на концах волокна световода, при этом могут также использоваться световоды, уже расположенные в сооружениях на рельсовом пути. Обычно в таких световодах уже имеются свободные волокна для возможного применения.

[11] Для несетевой обработки данных оказывается предпочтительным, если синхронизируются датчик времени рельсового транспортного средства и датчик времени контрольного устройства, и если зарегистрированные данные накапливаются в зависимости от времени. Тем самым, данные рельсового транспортного средства и данные контрольного устройства оказываются взаимосвязанными по времени, так что может выполняться оценка с помощью вычислительного устройства после проезда по участку рельсового пути.

[12] Положение рельсового транспортного средства регистрируется выгодным образом с помощью приёмника GNSS. Такой прибор является уже часто доступным для определения положения рельсового транспортного средства с помощью спутниковой связи и может использоваться для выполнения заявленного способа.

[13] Дополнительно достигается преимущество, если производятся вибрации с помощью рабочего агрегата путевой машины. Таким образом, эмитируются определённые вибрации, при этом точно известно место их приложения и соответствующие параметры вибрации. Калибровка контрольного устройства выполняется при этом в процессе обработки рельсового пути с помощью путевой машины.

[14] При этом в улучшенном варианте выполнения способа предусматривается, что данные управления и/или рабочие параметры путевой машины направляются к вычислительному устройству и что они согласуются с измеренными данными. Например, благодаря постоянному сравнению измеренных данных с данным управления или же рабочими параметрами может оцениваться свойство постели рельсового пути на участке рельсового пути. Дополнительно, тем самым, могут контролироваться рабочие этапы путевой машины.

[15] Заявленная система выполнения описанного способа включает в себя контрольное устройство, для которого направляет измеренные данные простирающийся вдоль участка рельсового пути сенсор. Далее включает в себя систему рельсовое транспортное средство, которое оборудовано для регистрации вибраций, а также данных о положении рельсового транспортного средства с помощью рельсового транспортного средства, вычислительное устройство, которое оборудовано для согласования измеренных данных с зарегистрированными данными рельсового транспортного средства, чтобы выделять характеристику передачи вибрации для участка рельсового пути. С помощью системы сравниваются измерения контрольного устройства с выполненными во время движения по участку рельсового пути вибрациями и положениями рельсового транспортного средства.

[16] В простом выполнении системы предусматривается, что рельсовое транспортное средство включает в себя сенсор ускорения для регистрации произведённых вибраций. Например, производит установленный на колёсной оси сенсор ускорения данные (ускорение, частота, амплитуда и т. д.) вибраций, направленных с помощью колеса на рельсовый путь.

[17] Для определения положения оказывается предпочтительным, если рельсовое транспортное средство будет включать в себя приёмник – GNSS для приёма положения рельсового транспортного средства.

[18] Для того, чтобы иметь возможность сравнивать зарегистрированные несетевые данные, оказывается целесообразным, если рельсовое транспортное средство будет включать в себя датчик времени, когда

контрольное устройство включает в себя датчик времени и когда оба датчика времени настроены на синхронную работу.

[19] Предпочтительно является рельсовое транспортное средство путевой машиной, которая оборудована для производства определённых вибрационных эмиссий. Таким образом, является полезной обработка участка рельсового пути с помощью путевой машины для определения характеристик переданных вибраций на сенсор.

[20] Для имитации определённых вибраций оказывается предпочтительным, если путевая машина будет включать в себя рабочий агрегат, который будет иметь генератор вибраций и, в частности, будет выполнен как шпалоподбивочный агрегат или стабилизационный агрегат. Регистрация эмитированных вибраций может при этом выполняться путём оценки данных управления или же рабочего параметра.

[21] Часто вдоль участков рельсового пути прокладываются световоды для передачи данных. Вследствие этого, в предпочтительном варианте выполнения системы предусматривается, что сенсор включает в себя световод. Тем самым, может использоваться уже готовая инфраструктура.

[22] Согласно другому улучшенному варианту выполнения системы включает в себя рельсовое транспортное средство измерительные устройства для детектирования объектов рельсового пути. Это имеет, в частности, тогда значение, когда положение или же свойства объектов рельсового пути оказывают влияние на передачу вибраций от источника вибраций на сенсор. В данном случае привлекаются зарегистрированные данные объектов для определения характеристики передачи.

Краткое описание чертежей

[23] Заявленное изобретение поясняется ниже более подробно на примерах его выполнения со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых схематически изображено:

На Фиг. 1 показано поперечное сечение участка рельсового пути и рельсового транспортного средства

На Фиг. 2 показано поперечное сечение участка рельсового пути и путевой машины

На Фиг. 3 показана эмиссия вибраций путевой машины

На Фиг. 4 показана эмиссия вибраций поезда

На фиг. 5 показано определение функции передачи

На Фиг. 6 показана диаграмма пути-времени и функции передачи

Описание вариантов выполнения изобретения

[24] На Фиг. 1 показано поперечное сечение участка 1 рельсового пути, по которому перемещается рельсовое транспортное средство 2. Участок 1 рельсового пути имеет типичную форму насыпи с щебёночной постелью 3 рельсового пути. В щебёночной постели 3 рельсового пути располагается решётка рельсового пути, состоящая из шпал 4 и расположенных на них рельсов 5. Эта конструкция образует верхнее сооружение участка 1 рельсового пути. Под щебёночной постелью 3 рельсового пути располагается как нижнее сооружение промежуточный слой 6 и дренажный слой 7. Рядом с этой постелью простирается вдоль участка 1 рельсового пути сенсор 8. При этом речь идёт, например, о проложенном в кабельном жёлобе 9 световоде, который используется в заявленном изобретении как акустический сенсор. Вдоль участка 1 рельсового пути располагаются обычно другие объекты 10 рельсового пути, как бализены, сигнальные устройства и т. д.

[25] Во время движения по участку 1 рельсового пути передаёт рельсовое транспортное средство через свои колёса 11 неравномерное усилие Q на рельсы 5, при этом это усилие Q передаётся через верхнее сооружение на нижнее сооружение и, наконец, на грунт. Таким образом, эмитирует рельсовое транспортное средство 2 вибрации 12, которые как деформации воздействуют динамически на передающие элементы 3 – 7 в форме волн. Благодаря такой передаче 13 вибраций приводится в колебание под их воздействием также находящийся в кабельном желобе 9 сенсор 8.

[26] Переданные вибрации 12 регистрируются, например, с помощью сенсора ускорения 14, расположенного на оси в регистрирующем устройстве 15 рельсового транспортного средства 2. Значения вибрации a , Q совмещаются в регистрационном устройстве 15 с данными положения x рельсового пути, которые определяются, например, с помощью приёмника 16 – GNSS. Предпочтительно включает в себя регистрационное устройство 15 датчик времени 17, чтобы обеспечить зарегистрированные данные маркировкой времени.

[27] На Фиг. 2 показан сравнительный процесс с рельсовым транспортным средством 2, выполненным как путевая машина. Конкретно речь идёт о путевой машине, которая включает в себя в качестве рабочего

агрегата 18 погружаемый в щебёночную постель 3 рельсового пути шпалоподбивочный агрегат. С помощью этого рабочего агрегата 18 эмитируются целенаправленно задаваемые вибрации 12. Передача 13 вибраций через решётку рельсового пути при этом отпадает. Значения вибрации отводятся или из данных управления и рабочего параметра путевой машины или детектируются с помощью сенсора ускорения 14. В частности, рабочие параметры генератора 19 вибраций, действующего в рабочем агрегате 18, поставляют используемые значения вибрации. Так, задаёт примерно скорость вращения привода эксцентрика, используемого для возбуждения вибрации, частоту вибрации 12, направленной на рельсовый путь.

[28] Путевая машина изображена на Фиг. 3 в боковой проекции. В качестве дополнительного рабочего агрегата 18 расположен в данном случае в направлении рабочего движения 20 за шпалоподбивочным агрегатом стабилизационный агрегат. С помощью стабилизационного агрегата направляются определённые горизонтальные вибрации 12 через рельсы 5 и шпалы 4 в щебёночную постель. На хорошо доступном участке 1 рельсового пути соединяется сенсор 8 с контрольным устройством 21. Если сенсор 8 представляет собой световод для передачи данных, то оказывается достаточным один неиспользованный световод, чтобы получить соединение с контрольным устройством 21.

[29] Переданные на сенсор 8 с помощью путевой машины вибрации 12 регистрируются с помощью контрольного устройства 21. При этом необходимо принимать во внимание, что световод обычно прокладывается свободным рядом с другими проводами в кабельном жёлобе 9. Направленные в щебёночную постель вибрации 12 передаются вследствие этого неравномерно на световод. Конкретно определяют динамические свойства передающих элементов 3 – 7 и кабельного жёлоба 9 функцию передачи T между направляемыми вибрациями 12 и зарегистрированными колебаниями световода.

[30] Положение путевой машины известно, так как обработка рельсового пути выполняется в привязке к месту. Например, учитывается при этом километраж рельсового пути, чтобы определить место проведения работ. Для регистрации моментального положения применяется, например, одометр или приёмник 16 – GNSS. Также целесообразно определять место с помощью зарегистрированных объектов 10 рельсового пути. Для этой цели располагают на путевой машине лазерные сканнеры, чтобы ощупывать бесконтактно рельсовый путь и его окружение.

[31] На Фиг. 4 перемещается рельсовое транспортное средство 2, выполненное как поезд, по участку 1 рельсового пути. Например, тянет за собой локомотив один ненагруженный вагон и один нагруженный вагон. По меньшей мере, одна ось локомотива имеет сенсор ускорения 14 для регистрации вибраций 12, эмитируемых в рельсовый путь. Местные сооружения 22 могут вызвать экранирование или отражение передаваемых вибраций 12. Общая функция передачи T определяется в данном случае комплексным трёхмерным наложением возбуждения рельсов на многих местах (точки соприкосновения колёс) и соответствующими отдельными параметрами передачи до места измерения колебаний (световод).

[32] При этом каждый поезд имеет специфический образец эмиссии, который является результатом скорости движения и состава поезда. На примере, согласно Фиг. 4, характеризуется образец эмиссии жёстко подпружиненным локомотивом, небольшой нагрузкой благодаря ненагруженному вагону, повышенной нагрузкой благодаря нагруженному вагону, а также в данном случае плоским соприкосновением бандажей колёс и т. д. В точках контакта колёс нагружаются рельсы 5 образцом эмиссии, при этом этот образец перемещается вместе с поездом вдоль участка 1 рельсового пути.

[33] Погрешности рельсового пути, как например, образование рифленой поверхности на головке рельса, разрывы рельса 23, волнистость 24 рельса, полые пространства, дефекты шпал 4 или креплений шпал и т. д. являются источниками помех на месте. Также и различия в конструкциях сооружений (щебень рельсового пути, жёсткая панель 25) и конструкции сооружений 26 (мосты, тоннели и т. д.), расположенные вдоль участка 1 рельсового пути, играют в данном случае также роль.

[34] Каждое отдельное возбуждение точки контакта колеса передаётся на рассматриваемую точку измерения в световоде. Получающаяся функция передачи T зависит от всех элементов 3 – 7, 9, 22 – 26, которые определяют характеристику 13 передаваемой вибрации. Вследствие этого не измеряет световод в точке измерения никакой физической единицы, которая представляла бы собой конкретное колебание. Вместо этого подаёт световод сигнал на контрольное устройство 21, который описывает все наложенные вибрации 12, которые воздействуют на рассматриваемую измеряемую точку на световоде. Функция передачи T образует такую комплексную зависимость и служит для калибровки системы.

[35] На примере Фиг. 5 описывается определение функции передачи T с помощью путевой машины. Замеренный вдоль рельсов 5 путь x определяет положение путевой машины на рельсовом пути. В качестве исходной точки

устанавливается, например, место, где контрольное устройство 21 соединяется с сенсором 8. От этого места простирается сенсор 8 по отклоняющемуся пути у до рассматриваемой измеряемой точки. Например, кабельный жёлоб 9 не всегда проходит параллельно рельсовому пути или предусматриваются петли кабеля для компенсации его длины.

[36] Путевая машина включает в себя два рабочих агрегата 18, которые соответственно воздействуют изменяющимся по времени t усилием $Q_A(t, x)$, $Q_S(t, x)$ на рельсовый путь и генерируют, таким образом, вибрации 12. Стабилизационный агрегат воздействует, при этом, усилием $Q_A(t, x)$ на рельсы 5 и шпалоподбивочный агрегат воздействует усилием $Q_S(t, x)$ на щебёночную постель 3 рельсового пути.

[37] Функция передачи T состоит из трёх компонентов, а именно из функции передачи решётки рельсового пути $S_{(x)}$, функции передачи щебёночной постели $B_{(x)}$ и функции передачи сенсора $F_{(y)}$:

$$T_{(x,y)} = \begin{pmatrix} S_{(x)} \\ B_{(x)} \\ F_{(y)} \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad T_{(t)} = \begin{pmatrix} S_{(t)} \\ B_{(t)} \\ F_{(t)} \end{pmatrix}$$

Путь x служит при этом в качестве переменной, с которой система передачи дискретизируется вдоль рельса 5. Вдоль сенсора 8 происходит дискретизация с помощью переменной y . Соответствующим образом могут регистрироваться функции передачи в зависимости от времени, при этом известно, в какое время t рабочий агрегат 18 и в каком месте будет эмитировать вибрацию 12. Ссылка на место выполняется, тем самым, через заданное время. При этом включает в себя контрольное устройство 21 датчик времени 17, который синхронизируется с датчиком времени 17 путевой машины.

[38] Функция передачи решётки рельсового пути $S_{(x)}$ описывает свойства передачи колебаний рельсов 5 и шпал 4 в зависимости от пути x :

$$S_{(x)} = (s_1(x) \quad s_2(x) \dots)$$

Параметризация выполняется с помощью величин S_s , соответственно в рассматриваемой точке измерения, при этом идентифицируются и параметризуются, в частности, эффекты поверхности рельсов, конструкции стрелок или разрывы рельсов.

[39] Функция передачи щебёночной постели $B_{(x)}$ описывает свойства передачи колебаний от нижней кромки шпалы до сенсора 8:

$$B_{(x)} = \begin{pmatrix} b_{1,1}(x) & b_{1,2}(x) & \dots \\ \cdot & \cdot & \dots \\ \cdot & \cdot & \dots \\ b_{k,1}(x) & b_{k,2}(x) & \dots \end{pmatrix}$$

С количеством строчек матрицы дискретизируется щебёночная постель от нижней кромки шпалы до сенсора 8. В строчках идентифицируются и параметризуются те параметры, которые оказывают влияние на передачу колебаний (скорость распространения, демпфирование, отражение...).

[40] Функция передачи сенсора $F_{(y)}$ описывает, например, свойства волокон световода:

$$F_{(y)} = (f_1(y) \quad f_2(y) \dots)$$

Параметризация выполняется с помощью величин f_f в соответственно рассматриваемой точке измерения, при этом отдельные значения параметров, например, затухание собственного сигнала волокна, соотношение по месту (y ---- x), свойства контакта волокна световода с функцией щебёночной постели $B_{(x)}$, а также свойства кабеля (армирование и т. д.).

[41] Соответствующий рабочий агрегат 18 описывается с вектором A :

$$A = \begin{pmatrix} Q \\ A_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ a_m \end{pmatrix}$$

Величины a_a описывают параметры эмитированной вибрации 12. То же самое является действительным для оси поезда, при этом в данном случае в качестве усилия Q задаётся статическая нагрузка на колесо. Величины параметра a_a показывают, например, полигонизацию, плоские участки, профиль колеса и т. д. Воздействие всего поезда на рельсовый путь во время t описывает матрица $Z_{(t)}$:

$$Z_{(t)} = \begin{pmatrix} A_1 & \dots & A_n \\ x_1 & & x_{n(t)} \end{pmatrix}$$

[42] Для определения функции передачи T выполняется возбуждение рельсового пути с помощью соответствующего рабочего агрегата 18 или с помощью оси с регистрацией вибрации. При этом задаётся соответственно действующее усилие Q через время t или через соответствующее место вдоль рельсов 5:

$$Q(t) \text{ или } Q(x)$$

[43] В результате измерения с помощью контрольного устройства 21 рассматриваемой точки измерения вдоль сенсора 8 получают матрицу $M(t, y)$:

$$M(t, y) = \begin{pmatrix} M_1 \\ \cdot \\ \cdot \end{pmatrix}$$

При этом измеряются вдоль позиций или же пути y соответствующие величины m_m и распределяются в соответствии с параметрами выполненных вибраций 12. Соответствующими параметрами являются, например, амплитуды, частоты, растяжения и т. д.

[44] Собственно определение функции передачи T выполняется в вычислительном устройстве 27, которое, например, установлено в контрольном устройстве 21, в центральной системе или в компьютере, подключённому к контрольному устройству 21. С помощью этого вычислительного устройства 27 согласуются зарегистрированные данные эмитированных вибраций 12 с измеренными данными сенсора 8. Например, применяется при перемещении поезда по участку 1 рельсового пути в момент времени t соответствующая матрица поезда $Z(t)$. Наложённые эмитированные вибрации 12 (образец эмиссии) передаются с функцией передачи T на рельсы 5 и измеряются в виде матрицы $M(t, y)$:

$$Z(t) \xrightarrow{T} M(t, y)$$

[45] Без определённого возбуждения системы могла бы определяться функция передачи T только неточно с помощью сравнения образцов. При этом могли бы согласовываться возбуждения поезда в форме матрицы поезда $Z(t)$ собственно эмпирически с матрицей $M(t)$, получаемой при измерении.

[46] При определённом возбуждении (путевая машина или поезд с замеряемыми ускорениями оси) могут достаточно точно определяться свойства функции передачи T :

$$Q(t, x) \overset{T}{\text{-----}} M(t, y)$$

Благодаря соответствующей параметризации функции передачи T выполняется калибровка контрольного устройства 21.

[47] При повторных измерениях с определёнными или неопределёнными возбуждениями может улучшаться точность функции передачи T с помощью статистических методов. Конкретно могут подготавливаться статистические оценки достоверности параметров функции передачи T . Если при более позднем измерении наблюдаются отклонения, то могут делаться соответствующие выводы об изменениях системы (плоские места на бандажах колёс, полигональные образования, трещины в рельсах и т. д.).

[48] Без подобных изменений системы следует рассматривать функцию передачи T через короткий период времени (продолжительность одной поездки поезда или же несколько дней) как неизменную. Также и образец эмиссии соответствующего поезда, по крайней мере, во время его движения будет приниматься как неизменный. Такие предположения приводят, при применении статистических методов, благодаря анализу нескольких поездок в рабочем режиме по железной дороге к однозначным решениям, которые значительно превышают точность отдельных измерений. Характеристика в привязке к месту участка 1 рельсового пути становится, таким образом, известной более точно. Также образец эмиссии поезда может повторяться по всему наблюдаемому участку 1 рельсового пути и относительно точно определяться благодаря статистическим методам. При рассмотрении характеристики поезда могут сразу же детектироваться дефекты.

[49] Собственно через более продолжительный период времени характеристики изменяются, так что оказывается целесообразной новая калибровка системы. Показателем таких изменений могут быть сезонные колебания свойств почвы, строительные работы, крупные природные события, а также явления истирания рельсового пути (образование рифлений на рельсах 5, удары сердцевин стрелочного перевода, обрушения щебёночной постели и т. д.). Наблюдение за такими длительными изменениями выполняется с помощью своевременных и повторяющихся калибровок. Таким образом, могут осуществляться медленные изменения. Внезапные изменения характеристики рельсового пути (например, разрыв рельса), напротив, проявляется немедленно.

[50] Благодаря функции передачи T проявляются на основании измеренных сигналов сенсора 8 однозначные результаты контроля.

Характерные образцы эмиссии проезжающего поезда могут также определяться как изменения состояния участка 1 рельсового пути или привязанные к месту источники сотрясений.

[51] На Фиг. 6 изображена на левой стороне диаграмма время-путь тех измерительных сигналов, которые регистрируются сначала с помощью сенсора 8 в контрольном устройстве 21. Соответствующий участок 1 рельсового пути является двухпутевым участком железной дороги. На оси абсцисс нанесено время t и на оси ординат показаны позиции y измерительных точек вдоль сенсора 8.

[52] Благодаря описанной математической трансформации с помощью функции передачи T компенсируются местные соотношения передачи. Тем самым, получается на правой стороне диаграмма время-путь с калиброванными измерительными сигналами, с помощью которых могут регистрироваться неискажённые образцы эмиссии поездов вдоль участка 1 рельсового пути. Благодаря статистическим оценкам может определяться также характеристика привязанных по месту источников сотрясений.

[53] Например, первая кривая образца 28 показывает путь образца эмиссии быстрого поезда, который проезжает мимо медленного поезда (вторая кривая образца 29) при первой остановке (горизонтальная кривая). Горизонтальная балка 30 на двух кривых образцов 28, 29 показывает местные неполадки (например, разрыв рельсов) соответствующего рельса. По соседнему рельсовому пути движется поезд в противоположном направлении, который не останавливается ни на какой остановке (третья кривая образца 31).

[54] Тем самым, существует преимущество калибровки с помощью функции передачи T в том, что компенсируются опознаваемые по месту соотношения передачи, чтобы могли интерпретироваться образцы эмиссии поездов, а также характеристики привязанных по месту источников сотрясений и могли прослеживаться.

СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УЧАСТКА РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

Описание

Область техники

[01] Настоящее изобретение касается способа контроля участка рельсового пути с помощью контрольного устройства, которое соединено с сенсором, простирающимся вдоль участка рельсового пути, при этом подверженный вибрации сенсор направляет данные измерения для контрольного устройства. Изобретение касается также системы для выполнения способа.

Уровень техники

[02] Вдоль участков рельсового пути устанавливаются различные контрольные устройства, чтобы контролировать движение по железной дороге, инфраструктуру железной дороги и прочую активность на рельсовом пути. К ним можно, например, добавить системы счётчика колёс, которые используются как устройство дорожной сигнализации. Другими известными контрольными устройствами являются видео системы, тепловые сенсоры и т. д. Дополнительно могут использоваться проложенные вдоль участка рельсового пути кабели или же провода в качестве компонентов контрольной системы.

[03] Например, из патента EP 3 275 763 A1 известно контрольное устройство, которое подключено к световоду, проложенному рядом с рельсом. Это контрольное устройство регистрирует вибрации или же звуковые сигналы вдоль участка рельсового пути. Конкретно, детектируются отражения лазерных импульсов в стекловолокне световода. Эти отражения изменяются, когда звуковые волны попадают на световод. Например, когерентный лазерный импульс направляется с предварительной определённой частотой в одномодовое волокно. Естественные включения внутри волокна отражают части этого лазерного импульса на источник (обратное рассеивание). Специально разработанные алгоритмы позволяют на базе компонента обратного рассеивания определять магнитопроводы на месте и свойство источника вибрации вдоль участка рельсового пути.

[04] При этом возникают трудности в том, что передача вибрации от источника вибрации до световода зависит от многих неизвестных включений. Обычно прокладывается световод в кабельном жёлобе, который не всегда проходит параллельно рельсовому пути. При этом предусматриваются кабельные петли, чтобы иметь возможность в случае

необходимости выполнять компенсацию длины кабеля. Тем самым, зависит на контролируемом участке рельсового пути длина световода, как правило, от длины участка рельсового пути. Также и сооружения на земле и щебёночная постель рельсового пути существенно влияют на передачу вибрации.

[05] Для того, чтобы преодолеть эти трудности оцениваются, например, выходные сигналы позиционного сенсора, расположенного на рельсовом пути (например, счётчик колёс), совместно с детектируемыми отражениями света в стеклянном волокне. Благодаря комбинации этих обоих результатов измерения может определяться положение рельсового транспортного средства по всей длине участка рельсового пути в достаточной степени точно, при этом выделяется приблизительная позиция между позиционными сенсорами из детектируемых отражений света стеклянного волокна. Также в случае параллельно расположенных рельсовых путей показывают позиционные сенсоры надёжное расположение эксплуатируемых в данный момент рельсовых путей.

Из патента US 2016/0334543 известно решение, согласно которому калибруется отражаемый сигнал световодного провода, проложенного вдоль участка рельсового пути, с помощью заданного базисного сигнала. Этот базисный сигнал создаётся контрольным устройством, находящимся на участке рельсового пути, и детектируется в вычислительном устройстве. Возникающие изменения при детектировании базового сигнала используются для того, чтобы согласовывать все детектируемые вычислительным устройством сигналы. Согласованные сигналы сравниваются с известными образцами сигналов, чтобы опознавать находящиеся на рельсовом пути объекты и контролировать их. Для оценки сигнала необходимо, тем самым, постоянное детектирование базисного сигнала.

В публикации WO 2014/019886 A2 описывается позиционное устройство для рельсового транспортного средства с помощью световода, проложенного вдоль участка рельсового пути. При этом используется находящееся в известной позиции сотрясающее устройство, чтобы вызывать сотрясения в заданный момент активации. Благодаря оценке образца обратного рассеивания, измеренного с помощью световода, калибруется позиционное устройство.

В патенте EP 3 339 819 A1 описываются способ и система калибровки контрольного устройства, которое включает в себя сенсор, проходящий вдоль объекта. При этом сравниваются измерения контрольного

устройства и эталонного измерительного устройства, чтобы согласовать параметры калибровки.

Краткое описание изобретения

[06] В основе заявленного изобретения лежит задача – создать улучшенный способ и систему указанного выше типа по сравнению с известным уровнем техники.

[07] В соответствии с заявленным изобретением эта задача решается с помощью признаков пунктов 1 и 8 формулы изобретения. Зависимые пункты формулы описывают частные варианты выполнения изобретения.

[08] При этом по участку рельсового пути перемещается рельсовое транспортное средство, причём накладываются вибрации с известными значениями вибрации на участок рельсового пути и передаются на сенсор. При этом регистрируются данные положения рельсового транспортного средства, причём с помощью вычислительного устройства вычисляется из значений вибрации, данных положения рельсового транспортного средства и измеренных данных участка рельсового пути характеристика переданной вибрации. В качестве известных значений вибрации являются действительными при этом общие установленные параметры или измеренные зарегистрированные величины, которые характеризуют наложенные вибрации. Таким образом, выполняется при одноразовом перемещении по участку рельсового пути калибровка системы. Конкретно с помощью эмиссий известных вибраций и данных положения рельсового транспортного средства на каждом участке рельсового пути определяют, каким образом воздействуют существующие локальные условия на измеренные сенсором данные. Значимыми являются при этом, в частности, демпфирующие или отражающие звук элементы между источником вибрации и сенсором. Для последующих измерений используются также результаты оценок измеренных сенсорами данных. Тем самым, отпадает необходимость в других расположенных вдоль рельсового пути сенсорах, чтобы выполнить точное расположение источников звука или же вибрации на контролируемом участке рельсового пути.

[09] В другом варианте выполнения способа предусматривается, что накапливается характеристика переданных вибраций как функция передачи в контрольном устройстве. Тем самым, может выполняться точная и быстрая оценка замеренных сенсором данных, при этом может оптимизироваться функция передачи для различных случаев применения. Например, могут фильтроваться определённые частоты вибрации, когда они не имеют никакого отношения для специальной оценки.

[10] Преимущественно отводятся измеренные данные из сигнальных данных световода, в частности, с помощью распределительной акустической регистрации, по крайней мере, через одно волокно световода. С помощью так называемой распределительной акустической регистрации (Distributing Acoustic Sensing DAS) может использоваться световод как виртуальный микрофон. При этом необходимо собственно выполнять минимальные работы на концах волокна световода, при этом могут также использоваться световоды, уже расположенные в сооружениях на рельсовом пути. Обычно в таких световодах уже имеются свободные волокна для возможного применения.

[11] Для несетевой обработки данных оказывается предпочтительным, если синхронизируются датчик времени рельсового транспортного средства и датчик времени контрольного устройства, и если зарегистрированные данные накапливаются в зависимости от времени. Тем самым, данные рельсового транспортного средства и данные контрольного устройства оказываются взаимосвязанными по времени, так что может выполняться оценка с помощью вычислительного устройства после проезда по участку рельсового пути.

[12] Положение рельсового транспортного средства регистрируется выгодным образом с помощью приёмника GNSS. Такой прибор является уже часто доступным для определения положения рельсового транспортного средства с помощью спутниковой связи и может использоваться для выполнения заявленного способа.

[13] Дополнительно достигается преимущество, если производятся вибрации с помощью рабочего агрегата путевой машины. Таким образом, эмитируются определённые вибрации, при этом точно известно место их приложения и соответствующие параметры вибрации. Калибровка контрольного устройства выполняется при этом в процессе обработки рельсового пути с помощью путевой машины.

[14] При этом в улучшенном варианте выполнения способа предусматривается, что данные управления и/или рабочие параметры путевой машины направляются к вычислительному устройству и что они согласуются с измеренными данными. Например, благодаря постоянному сравнению измеренных данных с данным управления или же рабочими параметрами может оцениваться свойство постели рельсового пути на участке рельсового пути. Дополнительно, тем самым, могут контролироваться рабочие этапы путевой машины.

[15] Заявленная система выполнения описанного способа включает в себя контрольное устройство, для которого направляет измеренные данные простирающийся вдоль участка рельсового пути сенсор. Далее включает в себя система рельсовое транспортное средство, которое оборудовано для регистрации вибраций, а также данных о положении рельсового транспортного средства с помощью рельсового транспортного средства, вычислительное устройство, которое оборудовано для согласования измеренных данных с зарегистрированными данными рельсового транспортного средства, чтобы выделять характеристику передачи вибрации для участка рельсового пути. С помощью системы сравниваются измерения контрольного устройства с выполненными во время движения по участку рельсового пути вибрациями и положениями рельсового транспортного средства.

[16] В простом выполнении системы предусматривается, что рельсовое транспортное средство включает в себя сенсор ускорения для регистрации произведённых вибраций. Например, производит установленный на колёсной оси сенсор ускорения данные (ускорение, частота, амплитуда и т. д.) вибраций, направленных с помощью колеса на рельсовый путь.

[17] Для определения положения оказывается предпочтительным, если рельсовое транспортное средство будет включать в себя приёмник – GNSS для приёма положения рельсового транспортного средства.

[18] Для того, чтобы иметь возможность сравнивать зарегистрированные несетевые данные, оказывается целесообразным, если рельсовое транспортное средство будет включать в себя датчик времени, когда контрольное устройство включает в себя датчик времени и когда оба датчика времени настроены на синхронную работу.

[19] Предпочтительно является рельсовое транспортное средство путевой машиной, которая оборудована для производства определённых вибрационных эмиссий. Таким образом, является полезной обработка участка рельсового пути с помощью путевой машины для определения характеристик переданных вибраций на сенсор.

[20] Для имитации определённых вибраций оказывается предпочтительным, если путевая машина будет включать в себя рабочий агрегат, который будет иметь генератор вибраций и, в частности, будет выполнен как шпалоподбивочный агрегат или стабилизационный агрегат. Регистрация эмитированных вибраций может при этом выполняться путём оценки данных управления или же рабочего параметра.

[21] Часто вдоль участков рельсового пути прокладываются световоды для передачи данных. Вследствие этого, в предпочтительном варианте выполнения системы предусматривается, что сенсор включает в себя световод. Тем самым, может использоваться уже готовая инфраструктура.

[22] Согласно другому улучшенному варианту выполнения системы включает в себя рельсовое транспортное средство измерительные устройства для детектирования объектов рельсового пути. Это имеет, в частности, тогда значение, когда положение или же свойства объектов рельсового пути оказывают влияние на передачу вибраций от источника вибраций на сенсор. В данном случае привлекаются зарегистрированные данные объектов для определения характеристики передачи.

Краткое описание чертежей

[23] Заявленное изобретение поясняется ниже более подробно на примерах его выполнения со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых схематически изображено:

На Фиг. 1 показано поперечное сечение участка рельсового пути и рельсового транспортного средства

На Фиг. 2 показано поперечное сечение участка рельсового пути и путевой машины

На Фиг. 3 показана эмиссия вибраций путевой машины

На Фиг. 4 показана эмиссия вибраций поезда

На фиг. 5 показано определение функции передачи

На Фиг. 6 показана диаграмма пути-времени и функции передачи

Описание вариантов выполнения изобретения

[24] На Фиг. 1 показано поперечное сечение участка 1 рельсового пути, по которому перемещается рельсовое транспортное средство 2. Участок 1 рельсового пути имеет типичную форму насыпи с щебёночной постелью 3 рельсового пути. В щебёночной постели 3 рельсового пути располагается решётка рельсового пути, состоящая из шпал 4 и расположенных на них рельсов 5. Эта конструкция образует верхнее сооружение участка 1 рельсового пути. Под щебёночной постелью 3 рельсового пути располагается как нижнее сооружение промежуточный слой 6 и дренажный слой 7. Рядом с

этой постелью простирается вдоль участка 1 рельсового пути сенсор 8. При этом речь идёт, например, о проложенном в кабельном жёлобе 9 световоде, который используется в заявленном изобретении как акустический сенсор. Вдоль участка 1 рельсового пути располагаются обычно другие объекты 10 рельсового пути, как бализены, сигнальные устройства и т. д.

[25] Во время движения по участку 1 рельсового пути передаёт рельсовое транспортное средство через свои колёса 11 неравномерное усилие Q на рельсы 5, при этом это усилие Q передаётся через верхнее сооружение на нижнее сооружение и, наконец, на грунт. Таким образом, эмитирует рельсовое транспортное средство 2 вибрации 12, которые как деформации воздействуют динамически на передающие элементы 3 – 7 в форме волн. Благодаря такой передаче 13 вибраций приводится в колебание под их воздействием также находящийся в кабельном желобе 9 сенсор 8.

[26] Переданные вибрации 12 регистрируются, например, с помощью сенсора ускорения 14, расположенного на оси в регистрирующем устройстве 15 рельсового транспортного средства 2. Значения вибрации a , Q совмещаются в регистрационном устройстве 15 с данными положения x рельсового пути, которые определяются, например, с помощью приёмника 16 – GNSS. Предпочтительно включает в себя регистрационное устройство 15 датчик времени 17, чтобы обеспечить зарегистрированные данные маркировкой времени.

[27] На Фиг. 2 показан сравнительный процесс с рельсовым транспортным средством 2, выполненным как путевая машина. Конкретно речь идёт о путевой машине, которая включает в себя в качестве рабочего агрегата 18 погружаемый в щебёночную постель 3 рельсового пути шпалоподбивочный агрегат. С помощью этого рабочего агрегата 18 эмитируются целенаправленно задаваемые вибрации 12. Передача 13 вибраций через решётку рельсового пути при этом отпадает. Значения вибрации отводятся или из данных управления и рабочего параметра путевой машины или детектируются с помощью сенсора ускорения 14. В частности, рабочие параметры генератора 19 вибраций, действующего в рабочем агрегате 18, поставляют используемые значения вибрации. Так, задаёт примерно скорость вращения привода эксцентрика, используемого для возбуждения вибрации, частоту вибрации 12, направленной на рельсовый путь.

[28] Путевая машина изображена на Фиг. 3 в боковой проекции. В качестве дополнительного рабочего агрегата 18 расположен в данном случае в направлении рабочего движения 20 за шпалоподбивочным агрегатом стабилизационный агрегат. С помощью стабилизационного агрегата

направляются определённые горизонтальные вибрации 12 через рельсы 5 и шпалы 4 в щебёночную постель. На хорошо доступном участке 1 рельсового пути соединяется сенсор 8 с контрольным устройством 21. Если сенсор 8 представляет собой световод для передачи данных, то оказывается достаточным один неиспользованный световод, чтобы получить соединение с контрольным устройством 21.

[29] Переданные на сенсор 8 с помощью путевой машины вибрации 12 регистрируются с помощью контрольного устройства 21. При этом необходимо принимать во внимание, что световод обычно прокладывается свободным рядом с другими проводами в кабельном жёлобе 9. Направленные в щебёночную постель вибрации 12 передаются вследствие этого неравномерно на световод. Конкретно определяют динамические свойства передающих элементов 3 – 7 и кабельного жёлоба 9 функцию передачи T между направляемыми вибрациями 12 и зарегистрированными колебаниями световода.

[30] Положение путевой машины известно, так как обработка рельсового пути выполняется в привязке к месту. Например, учитывается при этом километраж рельсового пути, чтобы определить место проведения работ. Для регистрации моментального положения применяется, например, одометр или приёмник 16 – GNSS. Также целесообразно определять место с помощью зарегистрированных объектов 10 рельсового пути. Для этой цели располагают на путевой машине лазерные сканнеры, чтобы ощупывать бесконтактно рельсовый путь и его окружение.

[31] На Фиг. 4 перемещается рельсовое транспортное средство 2, выполненное как поезд, по участку 1 рельсового пути. Например, тянет за собой локомотив один ненагруженный вагон и один нагруженный вагон. По меньшей мере, одна ось локомотива имеет сенсор ускорения 14 для регистрации вибраций 12, эмитируемых в рельсовый путь. Местные сооружения 22 могут вызвать экранирование или отражение передаваемых вибраций 12. Общая функция передачи T определяется в данном случае комплексным трёхмерным наложением возбуждения рельсов на многих местах (точки соприкосновения колёс) и соответствующими отдельными параметрами передачи до места измерения колебаний (световод).

[32] При этом каждый поезд имеет специфический образец эмиссии, который является результатом скорости движения и состава поезда. На примере, согласно Фиг. 4, характеризуется образец эмиссии жёстко подпружиненным локомотивом, небольшой нагрузкой благодаря ненагруженному вагону, повышенной нагрузкой благодаря нагруженному вагону, а также в данном случае плоским соприкосновением бандажей колёс

и т. д. В точках контакта колёс нагружаются рельсы 5 образцом эмиссии, при этом этот образец перемещается вместе с поездом вдоль участка 1 рельсового пути.

[33] Погрешности рельсового пути, как например, образование рифленой поверхности на головке рельса, разрывы рельса 23, волнистость 24 рельса, полые пространства, дефекты шпал 4 или креплений шпал и т. д. являются источниками помех на месте. Также и различия в конструкциях сооружений (щебень рельсового пути, жёсткая панель 25) и конструкции сооружений 26 (мосты, тоннели и т. д.), расположенные вдоль участка 1 рельсового пути, играют в данном случае также роль.

[34] Каждое отдельное возбуждение точки контакта колеса передаётся на рассматриваемую точку измерения в световоде. Получающаяся функция передачи T зависит от всех элементов 3 – 7, 9, 22 – 26, которые определяют характеристику 13 передаваемой вибрации. Вследствие этого не измеряет световод в точке измерения никакой физической единицы, которая представляла бы собой конкретное колебание. Вместо этого подаёт световод сигнал на контрольное устройство 21, который описывает все наложенные вибрации 12, которые воздействуют на рассматриваемую измеряемую точку на световоде. Функция передачи T образует такую комплексную зависимость и служит для калибровки системы.

[35] На примере Фиг. 5 описывается определение функции передачи T с помощью путевой машины. Замеренный вдоль рельсов 5 путь x определяет положение путевой машины на рельсовом пути. В качестве исходной точки устанавливается, например, место, где контрольное устройство 21 соединяется с сенсором 8. От этого места простирается сенсор 8 по отклоняющемуся пути y до рассматриваемой измеряемой точки. Например, кабельный жёлоб 9 не всегда проходит параллельно рельсовому пути или предусматриваются петли кабеля для компенсации его длины.

[36] Путевая машина включает в себя два рабочих агрегата 18, которые соответственно воздействуют изменяющимся по времени t усилием $Q_A(t, x)$, $Q_S(t, x)$ на рельсовый путь и генерируют, таким образом, вибрации 12. Стабилизационный агрегат воздействует, при этом, усилием $Q_A(t, x)$ на рельсы 5 и шпалоподбивочный агрегат воздействует усилием $Q_S(t, x)$ на щебёночную постель 3 рельсового пути.

[37] Функция передачи T состоит из трёх компонентов, а именно из функции передачи решётки рельсового пути $S_{(x)}$, функции передачи щебёночной постели $V_{(x)}$ и функции передачи сенсора $F_{(y)}$:

$$T_{(x,y)} = \frac{S_{(x)}}{B_{(x)} F_{(y)}} \quad \text{или} \quad T_{(t)} = \frac{S_{(t)}}{B_{(t)} F_{(t)}}$$

Путь x служит при этом в качестве переменной, с которой система передачи дискретизируется вдоль рельса 5. Вдоль сенсора 8 происходит дискретизация с помощью переменной y . Соответствующим образом могут регистрироваться функции передачи в зависимости от времени, при этом известно, в какое время t рабочий агрегат 18 и в каком месте будет эмитировать вибрацию 12. Ссылка на место выполняется, тем самым, через заданное время. При этом включает в себя контрольное устройство 21 датчик времени 17, который синхронизируется с датчиком времени 17 путевой машины.

[38] Функция передачи решётки рельсового пути $S_{(x)}$ описывает свойства передачи колебаний рельсов 5 и шпал 4 в зависимости от пути x :

$$S_{(x)} = (s_1(x) \quad s_2(x) \dots)$$

Параметризация выполняется с помощью величин S_s соответственно в рассматриваемой точке измерения, при этом идентифицируются и параметризуются, в частности, эффекты поверхности рельсов, конструкции стрелок или разрывы рельсов.

[39] Функция передачи щебёночной постели $B_{(x)}$ описывает свойства передачи колебаний от нижней кромки шпалы до сенсора 8:

$$B_{(x)} = \begin{matrix} b_{1,1}(x) & b_{1,2}(x) & \dots \\ \cdot & \cdot & \dots \\ \cdot & \cdot & \dots \\ b_{k,1}(x) & b_{k,2}(x) & \dots \end{matrix}$$

С количеством строчек матрицы дискретизируется щебёночная постель от нижней кромки шпалы до сенсора 8. В строчках идентифицируются и параметризуются те параметры, которые оказывают влияние на передачу колебаний (скорость распространения, демпфирование, отражение...).

[40] Функция передачи сенсора $F_{(y)}$ описывает, например, свойства волокон световода:

$$F_{(y)} = (f_1(y) \quad f_2(y) \dots)$$

Параметризация выполняется с помощью величин f_t в соответственно рассматриваемой точке измерения, при этом отдельные значения параметров, например, затухание собственного сигнала волокна, соотношение по месту (y ---- x), свойства контакта волокна световода с функцией щебёночной постели $V_{(x)}$, а также свойства кабеля (армирование и т. д.).

[41] Соответствующий рабочий агрегат 18 описывается с вектором А:

$$A = \begin{pmatrix} Q \\ A_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ a_m \end{pmatrix}$$

Величины a_a описывают параметры эмитированной вибрации 12. То же самое является действительным для оси поезда, при этом в данном случае в качестве усилия Q задаётся статическая нагрузка на колесо. Величины параметра a_a показывают, например, полигонизацию, плоские участки, профиль колеса и т. д. Воздействие всего поезда на рельсовый путь во время t описывает матрица $Z_{(t)}$:

$$Z_{(t)} = \begin{pmatrix} A_1 & \dots & A_n \\ x_1 & & x_{n(t)} \end{pmatrix}$$

[42] Для определения функции передачи T выполняется возбуждение рельсового пути с помощью соответствующего рабочего агрегата 18 или с помощью оси с регистрацией вибрации. При этом задаётся соответственно действующее усилие Q через время t или через соответствующее место вдоль рельсов 5:

$$Q(t) \text{ или } Q(x)$$

[43] В результате измерения с помощью контрольного устройства 21 рассматриваемой точки измерения вдоль сенсора 8 получают матрицу $M(t, y)$:

$$M(t, y) = \begin{pmatrix} M_1 \\ \cdot \\ \cdot \end{pmatrix}$$

При этом измеряются вдоль позиций или же пути y соответствующие величины m_m и распределяются в соответствии с параметрами выполненных

вибраций 12. Соответствующими параметрами являются, например, амплитуды, частоты, растяжения и т. д.

[44] Собственно определение функции передачи T выполняется в вычислительном устройстве 27, которое, например, установлено в контрольном устройстве 21, в центральной системе или в компьютере, подключённом к контрольному устройству 21. С помощью этого вычислительного устройства 27 согласуются зарегистрированные данные эмитированных вибраций 12 с измеренными данными сенсора 8. Например, применяется при перемещении поезда по участку 1 рельсового пути в момент времени t соответствующая матрица поезда $Z(t)$. Наложённые эмитированные вибрации 12 (образец эмиссии) передаются с функцией передачи T на рельсы 5 и измеряются в виде матрицы $M(t, y)$:

$$Z(t) \xrightarrow{T} M(t, y)$$

{45} Без определённого возбуждения системы могла бы определяться функция передачи T только неточно с помощью сравнения образцов. При этом могли бы согласовываться возбуждения поезда в форме матрицы поезда $Z(t)$ собственно эмпирически с матрицей $M(t)$, получаемой при измерении.

[46] При определённом возбуждении (путевая машина или поезд с замеряемыми ускорениями оси) могут достаточно точно определяться свойства функции передачи T :

$$Q(t, x) \xrightarrow{T} M(t, y)$$

Благодаря соответствующей параметризации функции передачи T выполняется калибровка контрольного устройства 21.

[47] При повторных измерениях с определёнными или неопределёнными возбуждениями может улучшаться точность функции передачи T с помощью статистических методов. Конкретно могут подготавливаться статистические оценки достоверности параметров функции передачи T . Если при более позднем измерении наблюдаются отклонения, то могут делаться соответствующие выводы об изменениях системы (плоские места на бандажах колёс, полигональные образования, трещины в рельсах и т. д.).

[48] Без подобных изменений системы следует рассматривать функцию передачи T через короткий период времени (продолжительность одной поездки поезда или же несколько дней) как неизменную. Также и образец

эмиссии соответствующего поезда, по крайней мере, во время его движения будет приниматься как неизменный. Такие предположения приводят, при применении статистических методов, благодаря анализу нескольких поездов в рабочем режиме по железной дороге к однозначным решениям, которые значительно превышают точность отдельных измерений. Характеристика в привязке к месту участка 1 рельсового пути становится, таким образом, известной более точно. Также образец эмиссии поезда может повторяться по всему наблюдаемому участку 1 рельсового пути и относительно точно определяться благодаря статистическим методам. При рассмотрении характеристики поезда могут сразу же детектироваться дефекты.

[49] Собственно через более продолжительный период времени характеристики изменяются, так что оказывается целесообразной новая калибровка системы. Показателем таких изменений могут быть сезонные колебания свойств почвы, строительные работы, крупные природные события, а также явления истирания рельсового пути (образование рифлений на рельсах 5, удары сердцевин стрелочного перевода, обрушения щебёночной постели и т. д.). Наблюдение за такими длительными изменениями выполняется с помощью своевременных и повторяющихся калибровок. Таким образом, могут осуществляться медленные изменения. Внезапные изменения характеристики рельсового пути (например, разрыв рельса), напротив, проявляется немедленно.

[50] Благодаря функции передачи T проявляются на основании измеренных сигналов сенсора 8 однозначные результаты контроля. Характерные образцы эмиссии проезжающего поезда могут также определяться как изменения состояния участка 1 рельсового пути или привязанные к месту источники сотрясений.

[51] На Фиг. 6 изображена на левой стороне диаграмма время-путь тех измерительных сигналов, которые регистрируются сначала с помощью сенсора 8 в контрольном устройстве 21. Соответствующий участок 1 рельсового пути является участком железной дороги с двумя путями. На оси абсцисс нанесено время t и на оси ординат показаны позиции y измерительных точек вдоль сенсора 8.

[52] Благодаря описанной математической трансформации с помощью функции передачи T компенсируются местные соотношения передачи. Тем самым, получается на правой стороне диаграмма время-путь с калиброванными измерительными сигналами, с помощью которых могут регистрироваться неискажённые образцы эмиссии поездов вдоль участка 1 рельсового пути. Благодаря статистическим оценкам может определяться также характеристика привязанных по месту источников сотрясений.

[53] Например, первая кривая образца 28 показывает путь образца эмиссии быстрого поезда, который проезжает мимо медленного поезда (вторая кривая образца 29) при первой остановке (горизонтальная кривая). Горизонтальная балка 30 на двух кривых образцов 28, 29 показывает местные неполадки (например, разрыв рельсов) соответствующего рельса. По соседнему рельсовому пути движется поезд в противоположном направлении, который не останавливается ни на какой остановке (третья кривая образца 31).

[54] Тем самым, существует преимущество калибровки с помощью функции передачи T в том, что компенсируются опознаваемые по месту соотношения передачи, чтобы могли интерпретироваться образцы эмиссии поездов, а также характеристики привязанных по месту источников сотрясений и могли прослеживаться.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ контроля участка (1) рельсового пути с помощью контрольного устройства (21), которое соединено с простирающимся вдоль участка (1) рельсового пути сенсором (8), при этом подвергающийся вибрации сенсор (8) направляет измеренные данные для контрольного устройства (21),

отличающийся тем, что

перемещают по участку (1) рельсового пути рельсовое транспортное средство (2) и при этом накладывают вибрации (12) с известными значениями вибрации (a , Q_A , Q_S) на участок (1) рельсового пути и передают на сенсор (8), что регистрируют данные положения (x) рельсового транспортного средства (2), и что с помощью вычислительного устройства (27) выделяют из значений вибрации (a , Q_A , Q_S), данных пути (x) и измеренных данных для участка (1) рельсового пути характеристику (13) переданной вибрации.

2. Способ по п. 1,

отличающийся тем, что

накапливают характеристику (13) переданной вибрации как функцию передачи (T) в контрольном устройстве (21).

3. Способ по п. п. 1 или 2,

отличающийся тем, что

что отводят измеренные данные из сигналов световода, в частности, с помощью отдельной акустической регистрации через, по крайней мере, одно волокно световода.

4. Способ по одному из п. п. 1 – 3,

отличающийся тем, что

синхронизируют датчик времени (17) рельсового транспортного средства (2) и датчик времени (17) контрольного устройства (21) и что накапливают зарегистрированные данные в зависимости от времени.

5. Способ по одному из п. п. 1 – 4,

отличающийся тем, что

регистрируют положение рельсового транспортного средства (2) с помощью приёмника (16) – GNSS.

6. Способ по одному из п. п. 1 – 5,

отличающийся тем, что

накладывают вибрации (12) с помощью рабочего агрегата (18) путевой машины.

7. Способ по п. 6,

отличающийся тем, что

данные управления и/или рабочие параметры путевой машины передают на вычислительное устройство (27), и что эти данные согласуют с измеренными данными.

8. Система для выполнения способа в соответствии с одним из п. п. 1 – 7, включающая в себя контрольное устройство (21), для которого подаёт измеренные даты сенсор (8), простирающийся вдоль участка (1) рельсового пути,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) оборудовано для регистрации вибраций (12), генерируемых с помощью рельсового транспортного средства (2), а также данных о положении рельсового транспортного средства, и что оборудовано вычислительное устройство (27) для согласования измеренных данных с зарегистрированными данными рельсового транспортного средства (2), чтобы выделять характеристику (13) переданной вибрации для участка (1) рельсового пути.

9. Система по п. 8,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) включает в себя сенсор ускорения (14) для регистрации генерированных вибраций (12).

10. Система по п. п. 8 или 9,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) включает в себя приёмник (16) – FNSS для регистрации положения рельсового транспортного средства (2).

11. Система по одному из п. п. 8 – 10,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) включает в себя датчик (17), что контрольное устройство (21) включает в себя датчик (17), и что датчик (17) оборудован для синхронной работы.

12. Система по одному из п. п. 8 – 11,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) представляет собой путевую машину, которая оборудована для генерирования определённых эмиссий вибраций.

13. Система по п. 12,

отличающаяся тем, что

путевая машина (2) включает в себя рабочий агрегат (18), имеющий генератор (19) вибраций, в частности шпалоподбивочный агрегат или стабилизационный агрегат.

14. Система по одному из п. п. 1 – 13, отличающаяся тем, что сенсор (8) включает в себя световодный провод.

15. Система по одному из п. п. 1 – 14,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) включает в себя измерительные устройства для детектирования объектов (10) рельсового пути.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ контроля участка (1) рельсового пути с помощью контрольного устройства (21), которое соединено с простирающимся вдоль участка (1) рельсового пути сенсором (8), при этом подвергающийся вибрации сенсор (8) направляет измеренные данные для контрольного устройства (21),

отличающийся тем, что

перемещают по участку (1) рельсового пути рельсовое транспортное средство (2) и при этом накладывают вибрации (12) с известными значениями вибрации (a , Q_A , Q_S) на участок (1) рельсового пути и передают на сенсор (8), что регистрируют данные положения (x) рельсового транспортного средства (2), и что с помощью вычислительного устройства (27) выделяют из **известных** значений вибрации (a , Q_A , Q_S), данных пути (x) и измеренных данных для участка (1) рельсового пути характеристику (13) переданной вибрации **и что накапливают характеристику (13) переданной вибрации как функцию передачи (T) в контрольном устройстве (21)**

2. Способ по п. 1,

отличающийся тем, что

что отводят измеренные данные из сигналов световода, в частности, с помощью отдельной акустической регистрации через, по крайней мере, одно волокно световода.

3. Способ по одному из п. п. 1 или 2,

отличающийся тем, что

синхронизируют датчик времени (17) рельсового транспортного средства (2) и датчик времени (17) контрольного устройства (21) и что накапливают зарегистрированные данные в зависимости от времени.

4. Способ по одному из п. п. 1 –3,

отличающийся тем, что

регистрируют положение рельсового транспортного средства (2) с помощью приёмника (16) – GNSS.

5. Способ по одному из п. п. 1 – 4,

отличающийся тем, что

накладывают вибрации (12) с помощью рабочего агрегата (18) путевой машины.

6. Способ по п. 5,

отличающийся тем, что

данные управления и/или рабочие параметры путевой машины передают на вычислительное устройство (27), и что эти данные согласуют с измеренными данными.

7. Система для выполнения способа в соответствии с одним из п. п. 1 – 6, включающая в себя контрольное устройство (21), для которого подаёт измеренные даты сенсор (8), простирающийся вдоль участка (1) рельсового пути,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) оборудовано для регистрации вибраций (12), генерируемых с помощью рельсового транспортного средства (2), а также данных о положении рельсового транспортного средства, и что оборудовано вычислительное устройство (27) для **сравнения** измеренных данных с зарегистрированными данными рельсового транспортного средства (2), чтобы выделять характеристику (13) переданной вибрации для участка (1) рельсового пути, **в качестве функции передачи, накопленной в контрольном устройстве.**

8. Система по п. 7,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) включает в себя сенсор ускорения (14) для регистрации генерированных вибраций (12).

9. Система по п. п. 8 или 8,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) включает в себя приёмник (16) – FNSS для регистрации положения рельсового транспортного средства (2).

10. Система по одному из п. п. 8 – 9,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) включает в себя датчик (17), что контрольное устройство (21) включает в себя датчик (17), и что датчик (17) оборудован для синхронной работы.

11. Система по одному из п. п. 8 – 10,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) представляет собой путевую машину, которая оборудована для генерирования определённых эмиссий вибраций.

12. Система по п. 11,

отличающаяся тем, что

путевая машина (2) включает в себя рабочий агрегат (18), имеющий генератор (19) вибраций, в частности шпалоподбивочный агрегат или стабилизационный агрегат.

13. Система по одному из п. п. 1 – 12, отличающаяся тем, что сенсор (8) включает в себя световодный провод.

14. Система по одному из п. п. 1 – 13,

отличающаяся тем, что

рельсовое транспортное средство (2) включает в себя измерительные устройства для детектирования объектов (10) рельсового пути.

Fig. 1

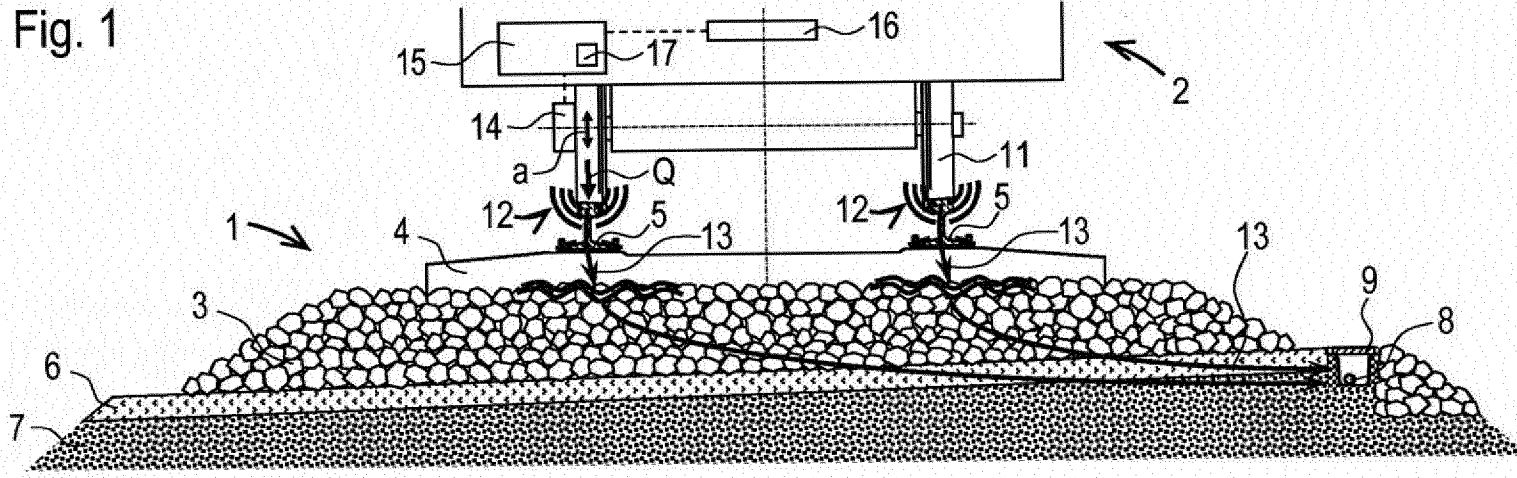


Fig. 2

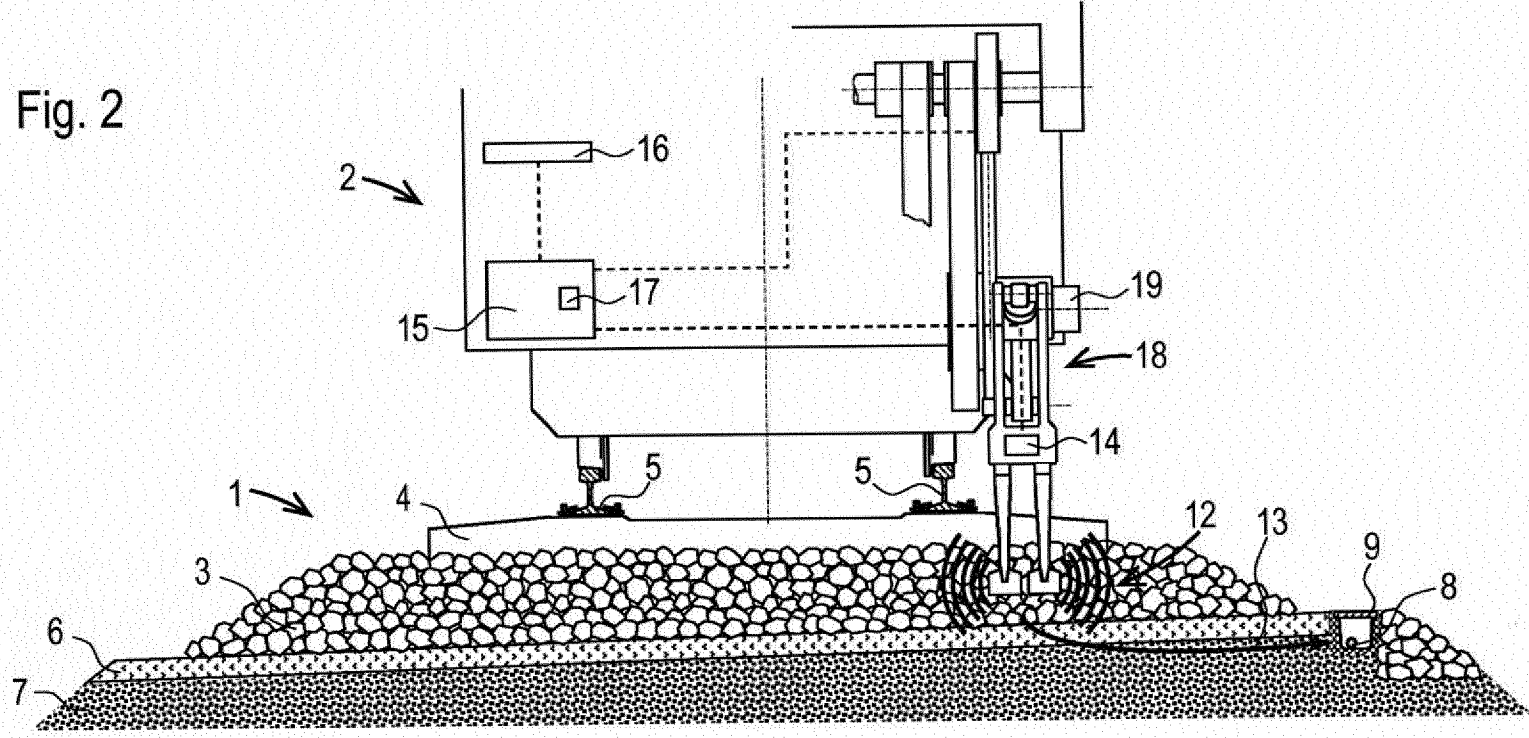


Fig. 3

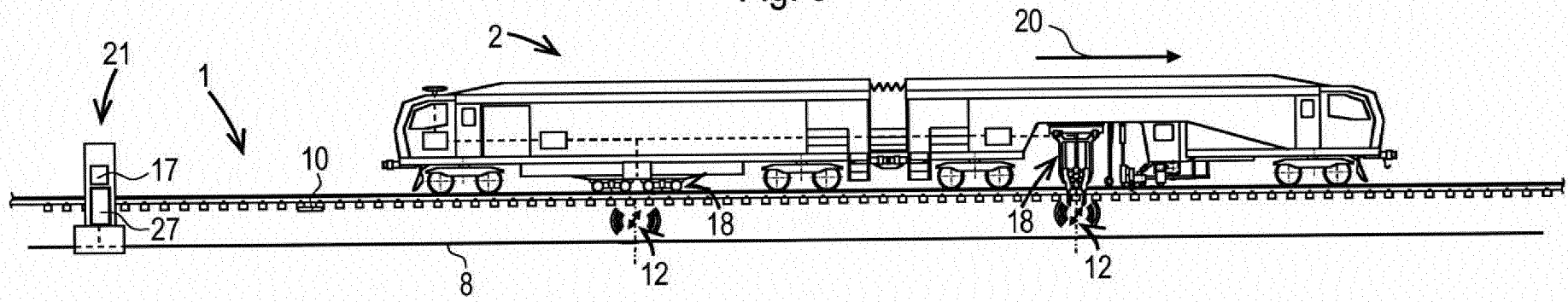


Fig. 4

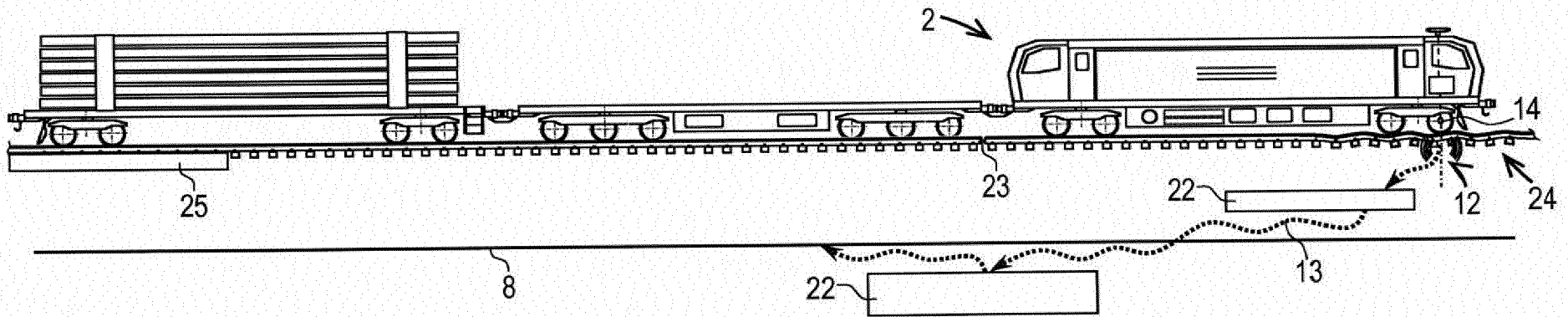


Fig. 5

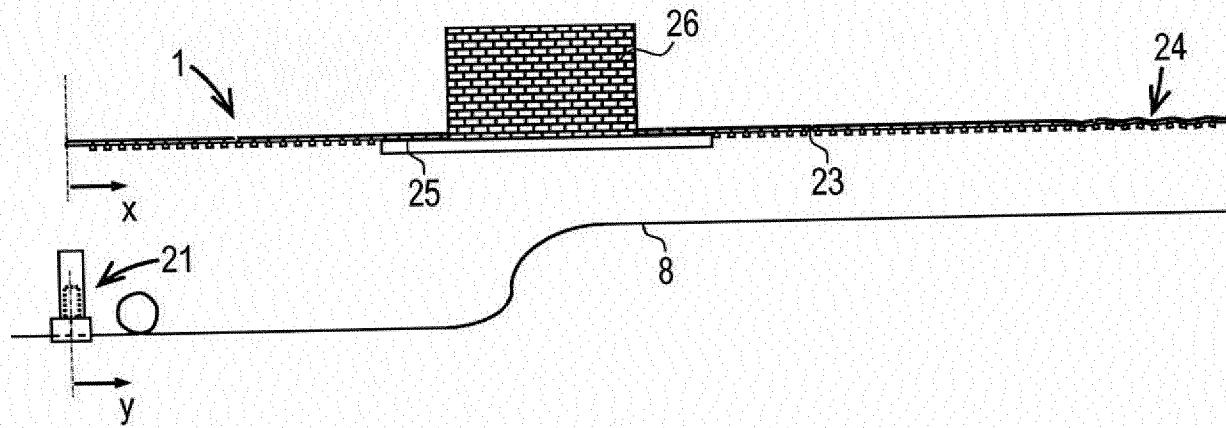
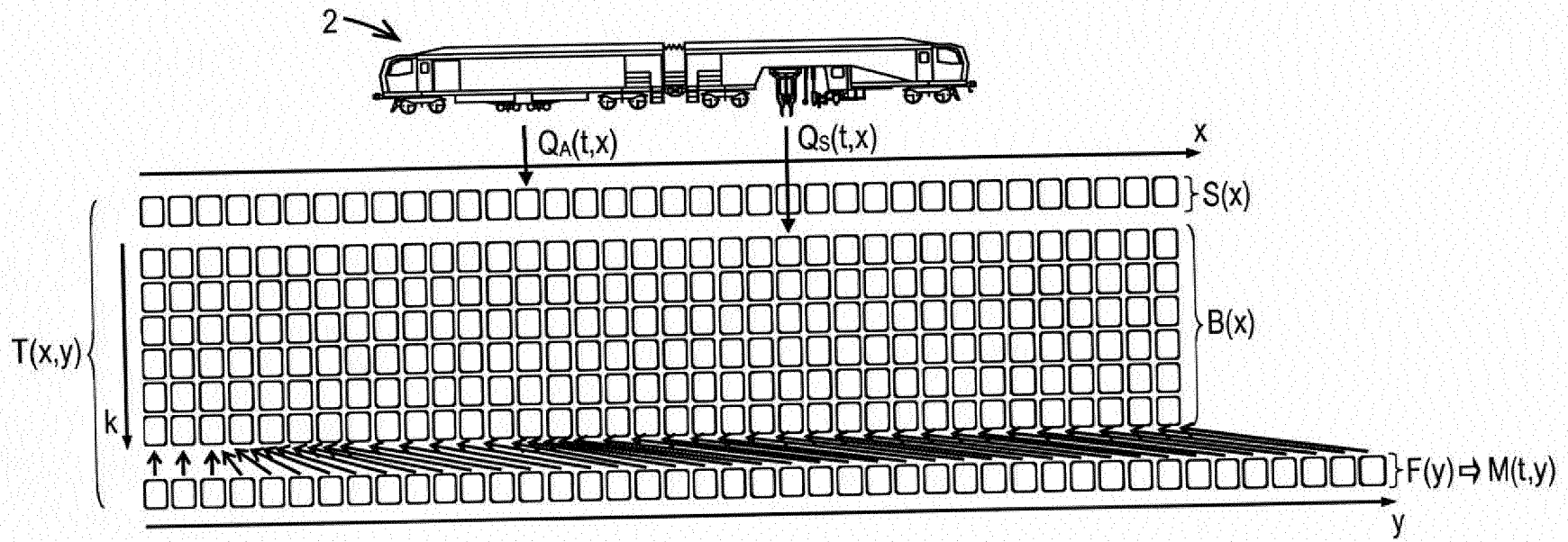


Fig. 6

