

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038997**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.11.19**

(21) Номер заявки  
**202000281**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.05.02**

(51) Int. Cl. **B61L 23/04** (2006.01)  
**E01B 35/04** (2006.01)  
**E01B 35/06** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ РЕЛЬСОВ  
РЕЛЬСОВОГО ПУТИ**

---

(31) **A 159/2018**

(32) **2018.06.01**

(33) **AT**

(43) **2021.03.31**

(86) **PCT/EP2019/061178**

(87) **WO 2019/228742 2019.12.05**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ПЛАССЕР ЭНД ТОЙРЕР ЭКСПОРТ  
ФОН БАНБАУМАШИНЕН ГМБХ  
(AT)**

(72) Изобретатель:  
**Бюргер Мартин (AT)**

(74) Представитель:  
**Курышев В.В. (RU)**

(56) **WO-A1-2015003772**

**PANTYUSHIN ANTON ET AL: "Control measurement system for railway track position", VISUAL COMMUNICATIONS AND IMAGE PROCESSING; 20-1-2004 - 20-1-2004; SAN JOSE, vol. 8486, 11 October 2012 (2012-10-11), pages 84861B-84861B, XP060029552, DOI: 10.1117/12.930503 ISBN: 978-1-62841-730-2 Figur 1; Abschnitt 1.**

**DE-A1-102012203483**

---

(57) Заявленное изобретение касается способа определения действительного положения рельсов (2) рельсового пути (3) с помощью расположенного на рельсовом транспортном средстве (1) оптического сенсорного устройства (7) для регистрации положения рельсового пути (3) и соседних сооружений (10, 11). При этом предусмотрено, что с помощью сенсорного устройства (7) регистрируют для участка (24) рельсового пути траекторию рельсового пути (3) и расположение соседних сооружений (10, 11), в частности сооружения (10) контактного провода в качестве предварительных действительных данных, и что в вычислительном устройстве (23) трансформируют предварительные действительные данные в откорректированные действительные данные, причем зарегистрированное расположение соседнего сооружения (10, 11) трансформируют в виде заданной геометрической формы. Изобретение касается также системы для выполнения способа.

---

**B1**

**038997**

**038997**

**B1**

### **Область техники**

Заявленное изобретение касается способа определения действительного положения рельсов рельсового пути с помощью установленного на рельсовом транспортном средстве оптического сенсорного устройства для регистрации положения рельсового пути и соседних сооружений. Изобретение касается также системы для выполнения способа.

### **Уровень техники**

Для ремонта полотна рельсового пути необходимо проведение повторяющихся контролей. При этом регулярно замеряется действительное положение рельсового пути на его участках, чтобы оценить его изменения и, в данном случае, выработать задание для принятия мер по его ремонту. Это выполняется, как правило, с помощью рельсового транспортного средства, на котором располагают несколько измерительных систем. В частности, используются оптические сенсорные устройства, чтобы зарегистрировать контуры поверхности рельсового пути и его окружения.

В патенте АТ 514 502 А1 описывается измерительная система, в которой используется для определения позиции неподвижной точки рельсового пути лазерный сканнер, который непрерывно перемещается вдоль рельсового пути. Используя расстояние до опознанной маркировки неподвижной точки, оценивается осязуемое с помощью рельсового транспортного средства действительное положение рельсового пути относительно заданного положения.

Также в патенте АТ 518 692 А1 описан лазерный сканнер, расположенный на рельсовом транспортном средстве, с помощью которого во время перемещения по рельсовому пути регистрируются контуры поверхности этого рельсового пути и его окружения. Как результат, предоставляется облако точек, соответствующие координаты которых соотносят с перемещаемой вместе с лазерным сканнером системой координат.

При такой регистрации рельсового пути и его окружения возникает необходимость в том, чтобы также регистрировать движение этой перемещающейся системы координат относительно неподвижной или же инертной базовой системы. Конкретно необходимо выполнять корректуру по дуге рельсового пути, по высоте вдоль рельсового пути и превышения высоты, потому что лазерный сканнер во время перемещения по дуге рельсового пути перемещается вместе с рельсовым транспортным средством. При этом регистрируется изменение положения во время движения по дуге, например, с помощью инерционного измерительного блока.

### **Краткое описание изобретения**

В основе изобретения лежит задача - предложить улучшенное рельсовое транспортное средство указанного выше типа по сравнению с известным уровнем техники.

В соответствии с заявленным изобретением эта задача решается с помощью признаков пп.1 и 13 формулы изобретения. В зависимых пунктах формулы описаны варианты выполнения изобретения.

При этом предусматривается, что с помощью сенсорного устройства регистрируется для одного участка рельсового пути траектория рельсового пути и расположение соседних сооружений, в частности сооружение контактных проводов в качестве предварительных действительных данных и что в вычислительном устройстве предварительные действительные данные трансформируются в откорректированные действительные данные, при этом зарегистрированное расположение по крайней мере одного соседнего сооружения трансформируется в расположение с заданной геометрической формой. Таким образом, используются зарегистрированные совместно данные о расположении существующих инфраструктурных сооружений как известные геометрические формы, чтобы выполнить корректировку данных. Искажения действительных данных, которые проявляются в результате движения сенсорных устройств во время регистрации данных, компенсируются без дополнительных затрат. Тем самым, не требуется никакой отдельной регистрации движений сенсорного устройства или же рельсового транспортного средства.

Предпочтительно предусматривается для трансформации действительных данных, чтобы для зарегистрированного расположения сооружения контактного провода задавалась в качестве геометрической формы прямая между двумя точками крепления на кронштейне мачты. В результате натяжения контактного провода получает он свою форму под действием ветра или при нагрузке под действием токоснимателя, при этом можно пренебрегать незначительными отклонениями от прямой формы.

Для автоматической регистрации соответствующей точки крепления на кронштейне мачты представляется предпочтительным, чтобы определять для зарегистрированного расположения контактного провода место с максимальной кривизной. Как правило, происходит в точках крепления изменение направления контактного провода, так что контактный провод проходит зигзагообразно в горизонтальной плоскости. Тем самым, нет необходимости в шлифовании желобков в графитовых скользящих колодках токоснимателя. Этот признак сооружения контактного провода используется для того, чтобы на основании зарегистрированного прохождения контактного провода определить позиции точек крепления или же кронштейнов мачты.

Для того чтобы повысить точность выполнения способа, оказывается целесообразным, чтобы прохождение контактного провода регистрировалось как прохождение кромки контактного провода. Это представляет собой преимущество, в частности, при применении сенсорного устройства с высокой степенью разрешения. В частности, регистрируется нижняя кромка контактного провода, например, с по-

мощью лазерного сканнера с горизонтальной осью вращения.

В другом предпочтительном варианте выполнения способа предусматривается, что для зарегистрированной кромки платформы задается прямая в качестве геометрической формы, чтобы предварительные действительные данные трансформировать в откорректированные действительные данные. В каждой вокзальной зоне предоставляется инфраструктурное сооружение, не находящееся под действием внешних влияний.

В случае если располагается верхний провод между двумя верхушками мачт, то он используется также предпочтительным образом, чтобы направлять трансформированные данные. При этом для верхнего провода задается кривая троса в качестве геометрической формы. Таким образом, может выполняться, по крайней мере, достаточная корректировка зарегистрированной траектория рельсового пути в продольном направлении.

Для последующего улучшения способа регистрируются с помощью сенсорного устройства во время перемещения рельсового транспортного средства вдоль рельсового пути профили поверхности, проходящие приблизительно в поперечном направлении от оси рельсового пути, при этом накапливается в качестве предварительных действительных данных облако точек рельсового пути и соседних сооружений. Для обработки соответствующих данных известны производительные алгоритмы, которые позволяют быстро выполнить трансформацию данных. При этом могут использоваться методы фильтрации, чтобы уменьшить количество данных. Например, обрабатываются в дальнейшем только поверхностные точки рельсов и контактного провода. Накопление облака точек происходит предпочтительно в вычислительном устройстве, чтобы обеспечить эффективную обработку данных.

При этом оказывается предпочтительным, если из облака точек отфильтровываются поверхностные точки контактного провода и рельсов с помощью алгоритма, установленного в вычислительном устройстве. Это происходит, например, благодаря автоматическому опознанию образца или благодаря семантическому сегментированию облака точек. Для трансформации предварительных действительных данных в откорректированные действительные данные уменьшаются в результате этого затраты на вычислительные работы.

При дальнейшем выполнении способа задается в вычислительном устройстве для соответствующей точки крепления контактного провода на соответствующем кронштейне мачты абсолютное положение. Зарегистрированные с помощью сенсорного устройства координаты соответствующей точки крепления могут трансформироваться, тем самым, при правильном положении в привязанную по месту систему координат. Это происходит предпочтительно в процессе трансформации данных. Как результат, воспроизводят все откорректированные действительные данные правильное абсолютное положение зарегистрированных объектов.

Альтернативно этому или для повышения точности оказывается целесообразным, чтобы регистрировать с помощью сенсорного устройства, по крайней мере, маркер неподвижной точки, расположенный рядом с рельсовым путем. Таким образом, используется другая ссылка для определения абсолютного положения зарегистрированного объекта. При этом предоставляют уже зарегистрированные точки крепления контактного провода, примерное положение маркера неподвижной точки, расположенного на соответствующей мачте.

При дальнейшем использовании способа предусматривается, что с помощью расположенного на рельсовом транспортном средстве инерционного измерительного блока (IMU) или инклинометра регистрируется превышение высоты рельсового пути. Это измерительное устройство располагается предпочтительно на рельсовом транспортном средстве. Тем самым, зарегистрированные величины превышения высоты рельсового пути предоставляются дополнительно к откорректированным действительным величинам для планирования и выполнения мер по ремонту.

Для того чтобы повысить точность при определении действительного положения рельсового пути оказывается целесообразным, чтобы траектория рельсового пути регистрировалась как траектория кромки рельса. Для этой цели устанавливается, например, в вычислительном устройстве математическое обеспечение для опознания образца, чтобы сравнивать зарегистрированные действительные данные с заданными профилями рельсов и, тем самым, определять траекторию кромки рельса.

Заявленная в соответствии с изобретением система выполнения указанного выше способа предусматривает, что устанавливаются сенсорное устройство для регистрации траектории рельсового пути и расположения соседних сооружений, что в вычислительное устройство направляют результирующие предварительные действительные данные, зарегистрированные во время процесса регистрации, и что установлено вычислительное устройство для вычисления корректирующих действительных данных путем трансформации зарегистрированного расположения, по крайней мере, соседнего сооружения в виде с заданной геометрической формой. Такая система не требует никаких дополнительных измерительных устройств, чтобы компенсировать движения сенсорного устройства, возникающие во время регистрации данных.

В предпочтительном варианте выполнения системы предусмотрено, чтобы устанавливался на рельсовом транспортном средстве инерционный измерительный блок (IMU) или инклинометр для регистрации превышения высоты рельсового пути. Движение IMU точно регистрируется в трехмерном простран-

стве и служит для непрерывного определения положения относительно неподвижной базовой системы. Тем самым, поставляет IMU как и инклинометр точные замеренные величины превышения высоты рельсового пути.

В другом варианте системы предусмотрено, что оптическое сенсорное устройство включает в себя лазерный сканнер, в частности, с горизонтально расположенной осью вращения. Тем самым, могут эффективно регистрироваться во время движения рельсового транспортного средства данные положения с высокой разрешимостью и соседние инфраструктурные сооружения.

#### **Краткое описание чертежей**

Изобретение поясняется ниже на примерах его выполнения со ссылкой на прилагаемые чертежи. На чертежах схематически изображено:

- на фиг. 1 изображено рельсовое транспортное средство в проекции сбоку с сенсорным устройством;
- на фиг. 2 изображен в проекции сверху регистрируемый участок рельсового пути;
- на фиг. 3 изображены предварительные зарегистрированные действительные данные в виде облака точек;
- на фиг. 4 изображены откорректированные действительные данные в виде облака точек;
- на фиг. 5 изображено в аксонометрической проекции облако точек.

#### **Описание вариантов выполнения изобретения**

На фиг. 1 показана передняя часть изображенного в упрощенном виде рельсового транспортного средства 1 для определения действительного положения рельсов 2 рельсового пути 3. При этом речь идет, например, об измерительной тележке, ремонтном транспортном средстве или о прочем рельсовом транспортном средстве с измерительными дополнительными устройствами. Рельсовое транспортное средство 1 выполнено с возможностью перемещения по рельсовому пути 3 с помощью рельсовых ходовых механизмов 4 и включает в себя раму 5 транспортного средства вместе с верхней конструкцией 6 транспортного средства. На фронтальной части верхней конструкции 6 транспортного средства расположено сенсорное устройство 7, которое включает в себя, например, лазерный сканнер 8. При этом лазерный луч, вращаясь вокруг оси вращения 9, направленной в продольном направлении транспортного средства, измеряет при тактовой частоте расстояния до поверхностных точек рельсового пути 3 и соседних сооружений 10, 11.

На конструкции 6 транспортного средства расположен токосниматель 12, чтобы обеспечивать электроэнергией рельсовое транспортное средство 1 от сооружения контактного провода 10. Сооружение контактного провода 10 включает себя контактный провод 13 и несущий трос 14. На равномерных расстояниях расположены крепежные точки 15, в которых крепится контактный провод 13 соответственно на кронштейне 16 мачты 17. Между кронштейнами 16 мачты подвешивается контактный провод 13 с помощью струны 18 на несущем тросе 14. При этом от вершины мачты до вершины мачты проходит так называемый пиковый провод 19.

Для документирования абсолютного положения рельсового пути или же сооружения контактного провода 10 используются обычно маркеры 20 неподвижной точки, которые крепятся, например, на мачте 17. На плане расположения рельсового пути обозначены точные позиции этих маркеров 20 неподвижных точек. Для заявленного изобретения представляется при этом целесообразным, если замеряются для мест крепления 15 координаты абсолютного положения и документируются.

Для регистрации превышения высоты рельсового пути включает в себя рельсовый ходовой механизм 4 измерительную раму 21, на которой расположен инерционный измерительный блок (IMU). Измерительная рама 21 спаривается при этом непосредственно с осями колес, так что она, не выполняя никаких относительных движений, следует по траектории рельсового пути. Альтернативно этому может служить инклинометр для регистрации превышения высоты рельсового пути. Кроме того, расположено на рельсовом транспортном средстве 1 вычислительное устройство 23 для обработки данных о результатах измерения.

На фиг. 2 показан участок 24 рельсового пути в проекции сверху с искаженными закруглениями дуги рельсового пути или же с искажениями, чтобы наглядно показать сущность заявленного изобретения. При движении по этому участку 24 рельсового пути регистрирует лазерный сканнер 8 поверхностный профиль рельсового пути 3, сооружения 10 контактного провода и других сооружений, как например, платформы 11. Конкретно регистрируются для каждой зарегистрированной точки координаты в базовой системе сенсорного устройства 7, так что образуется для всего участка 24 рельсового пути облако 25 точек.

Поскольку базовая система сенсорного устройства 7 во время регистрации данных перемещается вместе с рамой транспортного средства, то облако 25 точек сначала искажается, как показано на фиг. 3. При этом кажутся рельсы 2 приблизительно прямыми, потому что ось вращения 9 лазерного сканнера 8 направляется в основном по касательной к оси 26 рельсового пути. Действительно существующая кривизна по дуге рельсового пути 3 приводит к тому, что все другие зарегистрированные сооружения 10, 11 регистрируются с кривизной, при этом эти предварительно зарегистрированная кажущаяся кривизна согласуется с кривизной по дуге рельсового пути 3. В частности, согласуется зарегистрированная кажущаяся кривизна контактного провода 13 с собственной кривизной рельсового пути. С регистрацией тра-

ектории контактного провода 13 в трехмерном пространстве регистрируется при этом продольный уклон рельсового пути 3.

Зарегистрированные с помощью сенсорного устройства 7 предварительные действительные данные направляются к вычислительному устройству 23, чтобы выполнить трансформацию в откорректированные действительные данные. Для этого сначала определяются точки крепления 15 контактного провода 13. На основании его зигзагообразного расположения это является местом с максимальной кривизной. Для дальнейшего выполнения способа задается то, что контактный провод 13 между местами крепления 15 проходит в форме прямой. Незначительные отклонения под действием ветровой нагрузки или под действием усилия контакта с токоснимателем 12 могут, как обычно, не учитываться. Для повышения точности замеряются эти факторы влияния и выполняются расчеты по их компенсации.

Предварительно образуют точки облака 25 точек, которые показывают траекторию контактного провода 13, полигонометрическую траекторию. При трансформации данных направлена эта полигонометрическая траектория в общей базовой системе вдоль заданной прямой. При этом каждый сегмент (участок) полигонометрической траектории смещается при расчете и поворачивается. При этом все точки облака 25 точек, которые располагаются на нормальной плоскости относительно соответствующего сегмента, соответственно также смещаются и совместно поворачиваются. Таким образом, все точки облака 25 точек трансформируются, так что предоставляются в качестве результата откорректированные действительные данные. Изображенное на фиг. 4 трансформированное облако точек воспроизводит, тем самым, собственное искривление рельсового пути 3.

Другие зарегистрированные процессы могут использоваться соответствующим образом вместо траектории контактного провода для трансформации действительных данных. Например, может задаваться для зарегистрированной кромки 27 платформы 11 прямая в качестве геометрической формы. Или для пикового провода 19 от мачты 17 до мачты 17 задается провисающая вниз кривая троса. Могут задаваться также для нескольких зарегистрированных сооружений 10, 11 соответствующие геометрические формы. Для раскрытия полигонометрических сегментов во время трансформации данных задается затем оптимальное значение, которое наилучшим образом соответствует всем заданным значениям.

В другом улучшенном варианте способа предусмотрено, что отмеченные на плане расположения рельсового пути абсолютные координаты мест крепления 15 контактного провода 13 используются для трансформации данных. Эти базовые точки определяют в общей базовой системе положение соответствующей прямой для раскрытия вероятной траектории контактного провода 13. Результирующие откорректированные действительные данные воспроизводят затем не только правильную кривизну, но также и правильное положение на местности.

Для определения абсолютного положения могут использоваться также маркеры 20 неподвижных точек, если они находятся в облаке 25 точек. Опознание соответствующих поверхностных точек в облаке 25 точек происходит при этом как при элементах сооружения 10 контактного провода или платформы 11 благодаря семантическому сегментированию или же опознанию образца.

Для наблюдения за трансформацией данных может облако 25 точек изображаться в мониторе 28. На фиг. 5 показано облако 25 точек зарегистрированного участка 24 рельсового пути в перспективе по центру с предварительными действительными данными.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ определения действительного положения рельсов (2) рельсового пути (3) с помощью расположенного на рельсовом транспортном средстве (4) оптического сенсорного устройства (7) для регистрации положения рельсового пути (3) и соседних сооружений (10, 11), отличающийся тем, что с помощью сенсорного устройства (7) регистрируют для участка (24) рельсового пути траекторию рельсового пути (3) и расположение соседних сооружений (10, 11), сооружения (10) контактного провода в качестве предварительных действительных данных и что в вычислительном устройстве (23) трансформируют предварительные действительные данные в откорректированные действительные данные, причем трансформируют зарегистрированное положение по крайней мере одного соседнего сооружения (10, 11) в виде заданной геометрической формы.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что для зарегистрированной траектории контактного провода (13) сооружения (10) контактного провода задают между двумя местами крепления (15) на кронштейнах (16) мачты прямую в виде геометрической формы.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что регистрируют соответствующее место крепления (15) на кронштейне (16) мачты, причем определяют для зарегистрированной траектории контактного провода (13) место с максимальным искривлением.

4. Способ по п.2 или 3, отличающийся тем, что определяют траекторию контактного провода (13) как траекторию кромки контактного провода.

5. Способ по одному из пп.1-4, отличающийся тем, что для зарегистрированной кромки (27) платформы задают прямую в виде геометрической формы.

6. Способ по одному из пп.1-5, отличающийся тем, что для пикового провода (19) задают кривую

троса между двумя пиками мачты в виде геометрической формы.

7. Способ по одному из пп.1-6, отличающийся тем, что с помощью сенсорного устройства (7) регистрируют во время движения рельсового транспортного средства (1) вдоль рельсового пути (3) поверхностный профиль, проходящий примерно поперек оси (26) рельсового пути и что на основании этого накапливают в качестве предварительных действительных данных облако (25) точек рельсового пути (3) и соседних сооружений (10, 11).

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что отфильтровывают из облака (25) точек с помощью алгоритма, установленного в вычислительном устройстве (23), поверхностные точки контактного провода (13) и рельсов (2).

9. Способ по одному из пп.1-8, отличающийся тем, что задают в вычислительном устройстве (23) для соответствующего места крепления (15) контактного провода (13) на кронштейне (16) мачты абсолютное положение.

10. Способ по одному из пп.1-9, отличающийся тем, что регистрируют с помощью сенсорного устройства (7) по крайней мере один маркер (20) неподвижной точки, расположенный рядом с рельсовым путем (3).

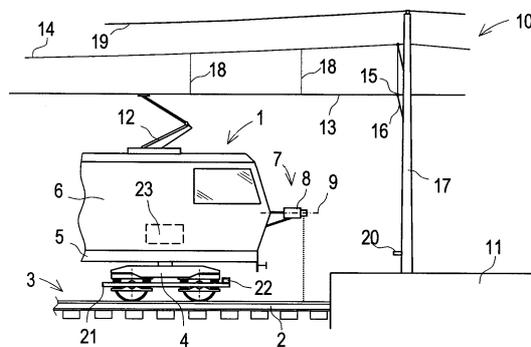
11. Способ по одному из пп.1-10, отличающийся тем, что регистрируют с помощью инерционного измерительного блока (22) или инклинометра, расположенного на рельсовом транспортном средстве (1), превышение высоты рельсового пути (3).

12. Способ по одному из пп.1-11, отличающийся тем, что регистрируют траекторию рельсового пути (3) в виде траектории кромки рельса.

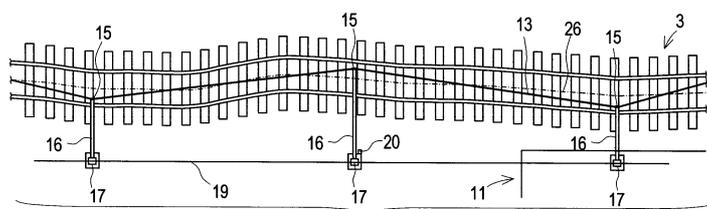
13. Система выполнения способа по одному из пп.1-12, отличающаяся тем, что установлено сенсорное устройство (7) для регистрации траектории рельсового пути (3) и расположения соседних сооружений (10, 11), что в вычислительное устройство (23) подают результирующие в результате процесса регистрации предварительные действительные данные и что вычислительное устройство (23) оборудовано для вычисления откорректированных действительных данных путем трансформации зарегистрированного расположения по крайней мере одного соседнего сооружения (10, 11) в изображение с заданной геометрической формой.

14. Система по п.13, отличающаяся тем, что на инерционный измерительный блок (22) или инклинометр для регистрации превышения высоты рельсового пути расположен на рельсовом транспортном средстве (1), а именно на рельсовом ходовом механизме (4).

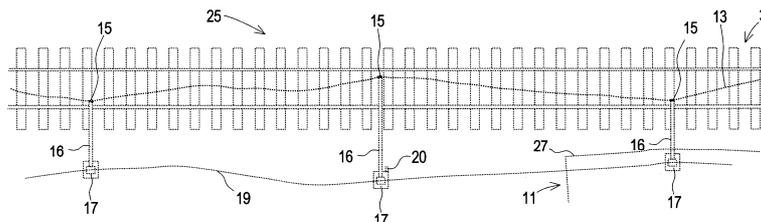
15. Система по п.13 или 14, отличающаяся тем, что оптическое сенсорное устройство (7) включает в себя лазерный сканнер.



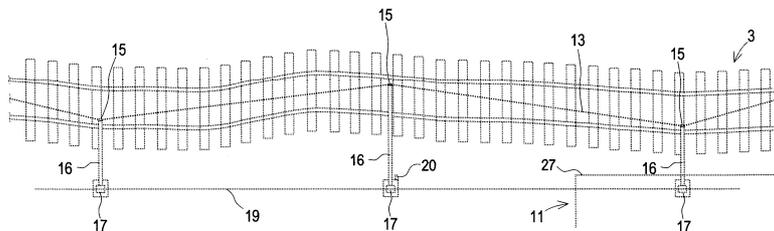
Фиг. 1



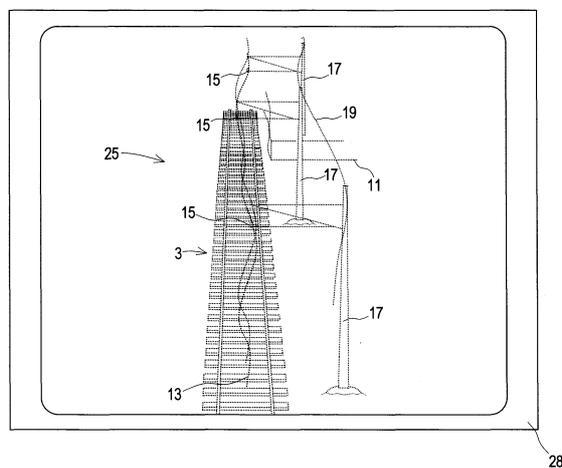
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

