

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046523**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.03.22**

(21) Номер заявки  
**202300007**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.08.24**

(51) Int. Cl. **B61L 23/04** (2006.01)  
**B61L 25/02** (2006.01)  
**B61K 9/08** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАННОЙ ФОРМЫ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ ЕГО ПОЛОЖЕНИЯ**

---

(31) **A50782/2020**

(32) **2020.09.16**

(33) **АТ**

(43) **2023.05.22**

(86) **РСТ/ЕР2021/073315**

(87) **WO 2022/058127 2022.03.24**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ПЛАССЕР ЭНД ТОЙРЕР ЭКСПОРТ  
ФОН БАНБАУМАШИНЕН  
ГЕЗЕЛЬШАФТ М.Б.Х. (АТ)**

(56) EP-A1-3358079  
WO-A1-2016061602  
WO-A1-2019228742  
AT-A1-518692

(72) Изобретатель:  
**Ауэр Флориан, Бергхубер Михаел,  
Хинтербергер Фабиан (АТ), Метцгер  
Бернхард (US), Вилкцек Крцисцтоф  
(АТ)**

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

---

(57) Изобретение касается способа определения заданной геометрии (S) рельсового пути (5) для корректировки положения рельсового пути (5), при этом сначала регистрируют с помощью измерительной системы (8) на участке (26) рельсового пути действительную геометрию (I) рельсового пути (5) и затем с помощью вычислительного устройства (36) выполняют вычисление заданной геометрии (S) на базе действительной геометрии (I). При этом регистрируют с помощью системы (13) для регистрации позиции вдоль участка (26) рельсового пути действительные позиционные точки (15) рельсового пути (5), при этом, по меньшей мере, задают одну действительную позиционную точку (15) вычислительному блоку (36) в качестве принудительной точки и с помощью вычислительного блока (36) вычисляют заданную геометрию (S) таким образом, что заданная геометрия (S) уравнивается с действительной геометрией (I) как последовательность элементов (31, 32, 33) трассирования и укладывается благодаря заданной принудительной точке (24). По сравнению с известным компенсационным способом с предварительным измерением достигается, тем самым, существенное повышение качества.

---

**B1**

**046523**

**046523**

**B1**

### Техническая область

Заявленное изобретение касается способа определения заданной геометрии рельсового пути для корректировки положения рельсового пути, при этом сначала с помощью измерительной системы регистрируется действительная геометрия рельсового пути на определённом участке пути и при этом в заключение выполняется с помощью вычислительного блока компенсационное вычисление, чтобы на базе действительной геометрии вычислить заданную геометрию. Также касается изобретение системы для выполнения способа.

### Уровень техники

В случае расположенного на щебёночной постели рельсового пути оказывается влияние на положение на месте расположенной на щебёночной постели железнодорожной решётки в результате движения поездов и воздействия погодных условий. Для проверки действительной геометрии рельсового пути (направление рельсового пути) и, в частности, перед проведением ремонтных работ выполняются поэтому регулярно измерения с помощью предусмотренной для этого измерительной тележки. Также соответственно выполненная путевая машина может применяться в качестве измерительной тележки. Как правило, геометрия рельсового пути разделяется также на горизонтальное положение (направление) и вертикальное положение (наклон рельсового пути). Для установления абсолютной геометрии рельсового пути необходимо при этом определять положение относительно внешней опорной системы.

В известных методах измерения используют расположенные рядом с рельсовым путём внешние опорные точки, которые расположены на фиксированных устройствах, как электрические мачты. Такие внешние опорные точки могут определяться как маркировочные болты или как прочие маркированные объекты. Аналогично могут служить системы для измерения поверхности или GNSS-системы для установления внешних опорных точек. Предусмотренное положение каждой внешней опорной точки относительно рельсового пути обозначается в документах. Таким образом, на основных участках железнодорожного пути точно определяется абсолютная геометрия рельсового пути (= образец геометрии рельсового пути).

При этом заданная геометрия рельсового пути может устанавливаться с помощью внутренних опорных точек. При этом трассирование задаётся последовательностью элементов трассирования относительно их длины и размеров. Переходы закруглений и закругления устанавливаются соответственно данными длины и размерами закругления. Так называемые основные точки рельсового пути показывают различные элементы трассирования, в частности, закругления и переходы закругления, а также участки наклона.

Тем самым, составляется горизонтальное положение рельсового пути из кривых рельсового пути как последовательность прямых участков, переходов закруглений и закруглений. Вертикальное положение рельсового пути определяется данными наклона, а также изменениями наклона вместе с их радиусами закругления. Возвышение рельсового пути определяется его последовательностью возвышений, включая возвышение наклонного въезда. При определении геометрии рельсового пути определяются последовательно возвышение и направление рельсового пути в соответствии с правилами трассирования (например, EN 13803).

Дальнейшее восстановление желаемого положения рельсового пути с высоким качеством может достигаться с помощью, так называемого, прецизионного способа. При этом способе известна точная абсолютная геометрия рельсового пути (образец геометрии) благодаря последовательности определённых элементам трассирования и гипотетической позиции основных точек рельсового пути. Перед началом проведения процесса ремонтных работ измеряются существующая геометрия рельсового пути и положение рельсового пути относительно определённых опорных точек (неподвижные точки, фиксированные точки). Результаты измерений сравниваются с образцом геометрии, при этом по результатам выявленной разницы значений подъёма и ориентировочных значений определяются корректировки рельсового пути. Этот способ является очень точным и используется для высокоскоростных участков рельсового пути, которые требуют для себя оптимального содержания. При этом должны надёжно обрабатываться параметры геометрии и гипотетические опорные точки должны последовательно регулярно измеряться.

По соображениям стоимости используется на участках с небольшими требованиями, так называемый, компенсационный способ. Этот способ выполняется без известного образца геометрии рельсового пути. Используется, например, измерительная система шпалоподбивочной машины, у которой измерительные тросы (перемещающиеся тросы) натягиваются между измерительными тележками, направляемыми по рельсовому пути, и служат в качестве базовой системы. Различные варианты выполнения этого измерительного принципа, как перемещающиеся тросы, описаны, например, в патентах DE 102008062143 B3 или DE 10337976 A1. Имеющиеся погрешности положения рельсового пути уменьшаются при этом пропорционально расстоянию между измерительными тросами к расстоянию между измерительными тележками. При 4-точечном способе определяется существующая относительная геометрия рельсового пути дополнительным измерительным тросом. Соответствующая машина и способ описаны в патенте AT 520795 A1.

При компенсационном способе с предварительным измерением рельсового пути измеряется существующая относительная действительная геометрия рельсового пути при движении шпалоподбивочной

машины или измерительной тележки. Для этой цели используется в современных транспортных средствах для измерения рельсового пути, так называемый, инерционный измерительный блок (инерционный измерительный блок IMU). Инерционная измерительная система описана в отраслевом журнале Eisenbahningenieur (52) 9/2001 на с. 6-9. Также в патенте DE 102008062143 В3 описан инерционный принцип измерения для регистрации положения рельсового пути. На основе этого измерения выполняется компенсационное вычисление, при котором на основе действительной геометрии рассчитывается ранее неизвестная заданная геометрия.

Как правило, действительная геометрия рельсового пути регистрируется в форме кривой расстояния между хордой и дугой рельсового пути и кривой вертикального положения рельсового пути, а также последовательности значений возвышений. На примере чертежа рассчитывает вычислительный блок с учётом предварительно установленного класса скорости движения по рельсовому пути, а также заданной верхней границы значений перемещения и подъёма электронным образом компенсацию кривой расстояния между хордой и дугой рельсового пути. При этом измеренные значения кривой расстояния между хордой и дугой рельсового пути сглаживаются, чтобы получить для заданных условий по возможности идеальное положение. Положение переходных точек между элементами трассирования (основные точки рельсового пути) получается в процессе компенсационного расчёта.

На последующем этапе вычисляются на основании кривой расстояния между хордой и дугой рельсового пути с помощью применения цифрового фильтра результаты перемещений и подъёмов, чтобы можно было установить рассчитанную кривую расстояния между хордой и дугой рельсового пути для определения положения рельсового пути. Результатами таких последующих вычислений являются тем самым значения подъёма и рихтовки (значения корректировки) для корректировки положения рельсового пути с помощью шпалоподбивочной машины.

Повторное использование компенсационного способа имеет тот недостаток, что основные точки рельсового пути дрейфуют от своих первоначальных позиций (согласно первоначально установленному образцу геометрии). Тем самым, приводит старение рельсового пути, несмотря на его корректировку с помощью компенсационного способа к значительному отклонению от первоначального образца геометрии.

Незначительные изменения положения основных точек рельсового пути, как правило, не являются проблематичными. Часто позволяет трассирование достаточный диапазон допусков для определения положения рельсового пути. Трудности возникают, однако, при, так называемых, вынужденных точках или вынужденных положениях рельсового пути, как например, мосты, туннели или железнодорожные переезды. В таких местах не допускается никаких диапазонов допусков для расположения рельсового пути. Вследствие этого согласно известному уровню техники является обычным, чтобы в таких местах при использовании компенсационных расчётов устанавливать значения перемещения на нуле.

#### **Описание изобретения**

В основе заявленного изобретения лежит задача - улучшить указанный выше способ таким образом, чтобы было достигнуто более высокое качество заданного положения рельсового пути, чем при компенсационном способе. Дальнейшей задачей заявленного изобретения является соответствующая система для выполнения способа.

В соответствии с заявленным изобретением эта задача решается благодаря способу согласно п.1 формулы изобретения и системе согласно п.10 формулы изобретения. Зависимые пункты формулы изобретения описывают предпочтительные варианты выполнения изобретения.

При этом предусматривается, что вдоль участка рельсового пути регистрируются с помощью системы регистрации позиций действительные позиционные точки рельсового пути, что, по меньшей мере, одна действительная позиционная точка задаётся вычислительному блоку как принудительная точка, и что с помощью вычислительного блока выполняется компенсационное вычисление таким образом, что заданная геометрия приравнивается к действительной геометрии как последовательность элементов трассирования и устанавливается благодаря заданной принудительной точке. Базисом для выполнения расчёта является действительная геометрия (относительная траектория) рельсового пути. Элементы трассирования фильтруются на измеренной схеме местности рельсового пути. Измеренные действительные позиционные точки (след позиции рельсового пути) учитываются при компенсационном вычислении для значений подъёма и рихтовки в качестве второго базиса. Каждая действительная позиционная точка устанавливается при этом с помощью координат в пространственной опорной системе. Например, неподвижная по месту система координат со стартовой точкой измерительного движения выбирается как первоначальная система. Разумеется, используются также другие системы координат для определения географической привязки.

В отличие от прецизионного способа не возникает, тем самым, никакого отношения к внешним фиксированным опорным точкам и, тем самым, к образцу геометрии. Речь не идёт об абсолютном предварительном измерении (замеры) рельсового пути. По сравнению с прецизионным способом хотя и можно ожидать незначительной неточности, однако заявленный способ может выполняться с помощью более простых технических средств более эффективно и с меньшими затратами.

По сравнению с известным компенсационным способом с предварительным измерением достигает-

ся явное повышение качества. При принудительных точках устанавливаются не только значения корректировки на ноль. В соответствии с заявленным изобретением выполняется согласование всей рассчитанной заданной геометрии с, по меньшей мере, одной заданной принудительной точкой, при этом оптимальная последовательность определённых геометрических элементов трассирования устанавливается с помощью принудительной точки.

В другом варианте выполнения способа предусматривается, что с помощью сенсорного устройства автоматически опознаётся зафиксированное в своём положении место рельсового пути, и что для этого опознанного зафиксированного места рельсового пути задаётся действительная позиционная точка с помощью задаваемого устройства как принудительная точка. Сенсорное устройство включает в себя, например, оптические сенсоры с опознаванием образца, чтобы опознавать типичные структуры железнодорожных переходов или мостов. В своём положении зафиксированные места рельсового пути могут технически характеризоваться также оптическими маркерами, а также другими пассивными или активными маркерами, чтобы выполнять автоматически простое опознавание с помощью сенсоров.

Альтернативно этому или дополнительно задаётся простым образом действительная позиционная точка обслуживающим персоналом с помощью задающего устройства в качестве принудительной точки. Например, находится обслуживающий персонал в измерительном транспортном средстве для измерения участка рельсового пути. Как только опознаёт обслуживающий персонал переезд через стрелочный перевод на кривой рельсового пути, мост без щебёночной постели или переход через железнодорожный путь с жёстким покрытием, то задаётся действительно зарегистрированная действительная позиционная точка в качестве принудительной точки. На основании изображения на чертеже с соответствующими координатами можно также в последующем задавать принудительную точку.

В другом улучшенном варианте предусматривается, что действительные позиционные точки регистрируются с помощью приёмного устройства - GNSS как GNSS -координаты. Используемые при этом существующие системы оказываются надёжными и предоставляют результаты с достаточной точностью.

При этом оказывается целесообразным, если выполнять регистрацию действительных позиционных точек с помощью дифференциальных систем - GNSS, чтобы в случае необходимости повышать точность позиционных данных.

В одном предпочтительном варианте выполнения способа регистрируется действительная геометрия рельсового пути с помощью инерционного измерительного блока, при этом, в частности, с помощью инерционного измерительного блока задаётся для каждого момента измерения отметка времени в качестве общего временного базиса. Инерционный измерительный блок является очень надёжным относительно возникающих внешних помех и выдаёт для текущего использования очень точные данные для регистрации действительной геометрии. Для компенсации сданными системы регистрации позиций оказывается целесообразным, если инерционный измерительный блок будет поставлять временной базис для синхронизации данных.

В другом варианте выполнении способа определяется в вычислительном устройстве на основании измеренных данных инерционного измерительного блока трёхмерная траектория, при этом на основании компенсации с заданной геометрией определяются значения корректировки для корректировки положения рельсового пути. Трёхмерная траектория и заданная геометрия касаются при этом общей системы координат, в результате чего могут определяться значения корректировки при незначительных затратах на вычисления. Определённая трёхмерная траектория используется также для наглядной документации состояния рельсового пути перед выполнением корректировки рельсового пути.

В дальнейшем оказывается целесообразным, если при этом для левого рельса рельсового пути и для правого рельса рельсового пути будет определяться собственная трёхмерная траектория. Тем самым, в частности, могут регистрироваться погрешности возвышения рельсового пути или отдельные погрешности с различными опусканиями соответствующего рельса простым образом. Вычисления заданной геометрии учитывают затем эти особенности, причём компенсируются, например, отдельные погрешности.

В другом предпочтительном варианте выполнения способа предусматривается, что инерционным измерительным блоком подаются не фильтрованные данные измерений зарегистрированного участка рельсового пути в вычислительное устройство, что с помощью симулирующего устройства симулируется виртуальное инерционное измерение этого же участка рельсового пути с заданной геометрией, чтобы получить симулированные данные измерений с учётом заданной геометрии, и что определяются значения корректировки для корректировки положения рельсового пути, при этом симулированные данные измерений вычитаются из не фильтрованных данных измерений инерционного измерительного блока. При использовании инерционного измерительного блока может случиться так, что, в частности, при движении по кривой в не фильтрованных данных измерений могут появляться артефакты. Эти артефакты являются результатом специфических признаков использованного инерционного способа измерений. Если при заданной геометрии используется тот же самый инерционный способ измерения в виртуальной форме, то появляются те же самые артефакты. Благодаря последующему вычитанию не фильтрованных данных измерений для определения значений корректировки артефакты взаимно устраняются. Тем самым, уменьшается в целом необходимый объём вычислений, потому что отпадает иногда объёмная цифровая фильтрация данных измерения.

При дальнейшем улучшении способа определяется, по меньшей мере, одна зарегистрированная действительная позиционная точка, которая расположена между начальной точкой и конечной точкой предусмотренного для корректировки положения участка строительных работ, в качестве принудительной точки компенсационного вычисления. Тем самым, обеспечивается то, что определённая заданная геометрия на действительном участке строительных работ учитывает также качество будущих корректировок рельсового пути на ограниченных участках рельсового пути. Тем самым, учитывается также поддержание в исправном состоянии участка рельсового пути, выходящего за пределы действительного участка проведения строительных работ.

В соответствии с заявленным изобретением предусматривается система для выполнения описанного выше способа, включающая в себя измерительное транспортное средство, перемещающееся по участку рельсового пути, которое включает в себя измерительную систему для регистрации действительной геометрии рельсового пути и вычислительный блок для расчёта заданной геометрии на базе действительной геометрии, при этом измерительное транспортное средство включает в себя систему для регистрации позиции действительных позиционных точек вдоль участка рельсового пути, при этом устанавливается задающее устройство для вычислительного блока для того, чтобы задавать, по меньшей мере, одну действительную позиционную точку в качестве принудительной точки и при этом в вычислительном блоке устанавливается алгоритм, который уравнивает заданную геометрию с действительной геометрией как последовательность геометрических элементов трассирования и прокладывает рельсовый путь благодаря, по меньшей мере, одной принудительной точке. Таким образом, взаимодействуют компоненты системы, чтобы зарегистрировать действительную геометрию и действительные позиционные точки и получить на основании заданной геометрии корректировку положения рельсового пути.

В одном варианте исполнения системы включает в себя измерительное транспортное средство сенсорное устройство для автоматического опознавания зафиксированного в своём положении места рельсового пути, при этом сенсорное устройство связано с задающим устройством, чтобы устанавливать действительную позиционную точку, соответствующую этому месту рельсового пути, в качестве принудительной точки. Сенсорное устройство включает в себя, например, несколько спаренных сенсоров различных конструктивных исполнений, чтобы регистрировать физические объекты рельсового пути и распределять их по категориям. Соответствующий способ описан этим же самым заявителем в патенте АТ 518692 А1. Как только для объекта определена категория в качестве зафиксированного технического места рельсового пути (мост, железнодорожный переход и т.д.), то задаёт задающее устройство соответствующую действительную позиционную точку в качестве принудительной точки. Альтернативно этому или дополнительно к этому могут располагаться на таких местах рельсового пути сенсорные маркеры, на которые настраивается расположенный на измерительном транспортном устройстве сенсор.

В простом варианте предусматривается, что задающее устройство включает в себя блок обслуживания, с помощью которого устанавливается действительная позиционная точка с помощью обслуживающего персонала в качестве принудительной точки. Например, включает в себя обслуживающий блок один обслуживающий элемент, при включении которого задаётся действительная позиционная точка в качестве принудительной точки.

Предпочтительно включает в себя система регистрации позиций приёмное устройство - GNSS, которое, в частности, соединено с измерительным устройством для определения положения приёмного устройства - GNSS по отношению к рельсовому пути. Тем самым, может выполняться надёжное и достаточно точное определение действительных позиционных точек в геодезической базовой системе.

В дальнейшем представляется предпочтительным, если измерительная система включает в себя инерционный измерительный блок и, в частности, измеряющие положения измерительные устройства для определения положения инерционного измерительного блока относительно рельсового пути. Такие измерительные системы регистрируют действительную геометрию бесконтактно, в результате чего могут выполняться измерения при высоких скоростях движения. Поскольку также приёмное устройство - GNSS поставляет результаты в режиме реального времени, то достигается высокая скорость выполнения работ всей системой.

В дальнейшем к системе добавляется вычислительное устройство, которое оборудуется для вычисления значений корректировки при корректировке положения рельсового пути, при этом устанавливается управляющее устройство на путевой машине для дальнейшей обработки значений корректировки, чтобы привести рельсовый путь с помощью управляемого подъёмно-рихтовочного агрегата в положение заданной геометрии. Таким образом, включает в себя система все компоненты, чтобы зарегистрировать действительную геометрию и на этой основе выполнять корректировку положения рельсового пути.

#### **Краткое описание чертежей**

Заявленное изобретение поясняется ниже более подробно на примерах его выполнения со ссылкой на прилагаемые фигуры чертежей. На чертежах схематически изображено:

- на фиг. 1 изображено измерительное транспортное средство на рельсовом пути;
- на фиг. 2 изображён строительный участок и участок измерения;
- на фиг. 3 изображена блочная схема для определения значений корректировки;
- на фиг. 4 изображена диаграмма прохождения рельсового пути;

на фиг. 5 изображена диаграмма дуги рельсового пути с переходными кривыми и прямыми участками рельсового пути;

на фиг. 6 изображён участок рельсового пути с действительной и заданной геометрией. Описание вариантов выполнения изобретения.

На фиг. 1 показано измерительное транспортное средство 1 с рамой 2 транспортного средства, на которой смонтирован корпус 3 вагона. Измерительное транспортное средство 1 может перемещаться с помощью рельсовых ходовых механизмов 4 по рельсовому пути 5. Для лучшей наглядности рама 2 транспортного средства изображена вместе с корпусом 3 вагона в приподнятом положении от рельсовых ходовых механизмов 4. Транспортное средство 1 может быть выполнено конструктивно также как путевая машина, в частности как шпалоподбивочная машина. В таком случае необходима только одна машина для измерения и корректировки рельсового пути 5.

Рельсовые ходовые механизмы 4 выполнены предпочтительно конструктивно как поворотные конструкции. Измерительная рама 6 соединена с осями колёс поворотной конструкции, так что движения колёс передаются без пружинящего эффекта на измерительную раму 6. Относительно рельсового пути возникают, тем самым, собственно боковые или маятниковые движения измерительной рамы 6. Эти движения регистрируются измерительными устройствами 7 для измерения положения рельсового пути, расположенными на измерительной раме 6. Они выполнены конструктивно как линейные лазерные сенсоры.

Измерительные устройства 7 для измерения положения рельсового пути являются компонентами измерительной системы 8, установленной на измерительной раме 6, которая включает в себя инерционный измерительный блок 9. С помощью инерционного измерительного блока 9 регистрируются во время движения измерения данные измерения траектории 10, при этом относительные движения инерционного измерительного блока 9 относительно рельсового пути компенсируются с помощью данных измерительных устройств 7 для измерения положения рельсового пути. Таким образом, происходит регистрация действительной геометрии I рельсового пути 5. С помощью измеренных данных измерительными устройствами 7 для измерения положения рельсового пути могут трансформироваться при этом данные измерений инерционного блока 9 на соответствующий рельс 11 рельсового пути 5. Результатом является траектория 10 для каждого рельса 11.

Измерительное транспортное средство 1 включает в себя далее систему 12 для регистрации позиции, с помощью которой может регистрироваться действительная позиция измерительного транспортного средства 1. На основании известного положения измерительного транспортного средства 1 относительно рельсового пути 5 может также регистрироваться, тем самым, позиция действительного проезжаемого места рельсового пути. Например, включает в себя система 12 для регистрации позиции приёмное устройство - GNSS, которое через держатель 13 жёстко соединено с рамой 2 транспортного средства. Это приёмное устройство - GNSS включает в себя несколько установленных совместно антенн - GNSS для точной регистрации позиций - GNSS измерительного транспортного средства 1. Для того, чтобы зафиксировать маятниковые движения рамы 2 транспортного средства относительно рельсового пути 5 располагаются на раме 2 транспортного средства другие измерительные устройства 7 для измерения положения рельсового пути. Также и в данном случае используются, например, линейные лазерные сенсоры. Для простого выполнения изобретения оказывается достаточно одной антенны - GNSS 14. Таким образом, постоянно регистрируются действительные позиционные точки 15 рельсового пути 5 или же компенсирующей оси 16.

Не показанная на чертеже система 12 для регистрации позиции включает в себя выполненную на базе радио и мерительную систему для локализации в режиме реального времени. При этом на измерительном транспортном средстве 1 располагается несколько модулей радиопередатчиков. Находящиеся рядом с участками рельсового пути базовые станции включают в себя транспондеры. Благодаря постоянному измерению расстояния между модулями радиопередатчиков и транспондерами может определяться положение измерительного транспортного средства 1 и, тем самым, положение действительно проезжаемого места рельсового пути относительно базовых станций. Базовые станции служат собственно для определения позиции без отсылки на первоначальный образец геометрии рельсового пути 5.

При этом включает в себя измерительное транспортное средство 1 сенсорное устройство 17 для автоматического опознавания места 18, 19 (фиг. 2) рельсового пути, зафиксированного в своём положении как место строительства. Предпочтительно включают в себя сенсорные устройства 17 несколько сенсоров 20, 21, 22, данные которых могут совместно оцениваться. Используются, например, видеочамера 20, вращающийся лазерный сканнер 21 и инфракрасная камера 22 с инфракрасным излучением. Сенсорное устройство 17 соединено с задающим устройством 23, чтобы определять действительную точку 15 в качестве принудительной точки 24, соответствующую фиксированному месту 18, 19 рельсового пути. В качестве альтернативы для сенсорного устройства 17 или дополнительно может задающее устройство 23 включать в себя обслуживающий блок 25. С помощью этого обслуживающего блока 25 может задаваться действительная позиционная точка 15 обслуживающим персоналом в качестве принудительной точки 24.

На фиг. 2 показан рельсовый путь 5, по которому движется измерительное транспортное средство 1. Ограниченная штрихпунктирной линией зона обозначает длину участка 26 рельсового пути, на котором

регистрируются действительная геометрия I и действительные позиционные точки 15 рельсового пути 5. Ограниченная пунктирными линиями зона обозначает длину строительного участка 27, на котором позднее корректируется рельсовый путь 5. Строительный участок 27 оказывается короче, чем измеряемый участок 26 рельсового пути и ограничивается начальной точкой 28 и конечной точкой 29.

На показанном на чертеже участке 26 рельсового пути расположены два места 18, 19, рельсового пути, которые зафиксированы в своём положении как строительные места. При этом речь идёт, например, о железнодорожных переходах 18 с жёсткими покрытиями и о мосте 19 без щебёночной постели. Мост 19 располагается за пределами строительного участка 27. Во время измерительной поездки устанавливаются действительные позиционные точки 15, которые расположены на этих местах 18, 19 рельсового пути, в качестве принудительных точек 24.

В представленном примере служит для географической привязки результатов измерения неподвижная система координат XYZ, которая имеет свою начальную точку в стартовой точке при движении измерения. Ось X показывает направление на север, ось Y показывает направление на восток и ось Z показывает направление вниз. Во время движения измерения регистрируется при этом путь  $s$ , который может наряду с отметкой времени служить для синхронизации результатов измерения различных систем 8, 12, 17.

Вдоль участка 26 рельсового пути располагаются основные точки 30 рельсового пути. Эти основные точки 30 рельсового пути маркируют соответственно границу между прямой 31 и переходной дугой 32, а также между переходной дугой 32 и закруглённой дугой 33. Прямая 31, переходная дуга 32 и закруглённая дуга 33 (полная дуга) определяются при этом как геометрические элементы трассирования.

Блочная схема на фиг. 3 изображает отдельные этапы способа. Сначала выполняется предварительное измерение 34, с помощью которого регистрируется относительная действительная геометрия I и позиция P - GNSS рельсового пути 5. В качестве результата предоставляются данные измерения инерционного измерительного блока 9 и данные координат для зарегистрированных действительных позиционных точек 15.

Затем выполняется компенсационное вычисление 35 с помощью оптимального алгоритма, который установлен в вычислительном блоке 36. Конкретно выполняется оптимизация 37 положения рельсового пути, при этом на основе действительной геометрии I образуется геометрия рельсового пути благодаря настроенным друг с другом геометрическим элементам 31, 32, 33 трассирования, чтобы устранить погрешности положения рельсового пути. Этот процесс оптимизации 37 выполняется в зависимости от оптимизации 38 позиции рельсового пути, при этом элементы 31, 32, 33 трассирования таким образом распределяются между собой и выбираются по размерам, что получаемая заданная геометрия S рельсового пути 5 прокладывается через принудительные точки 24.

Граничные условия для процессов оптимизации 37, 38 образуют соединительные места на границах строительного участка 27. Конкретно должна заданная геометрия S определяться начальной точкой 28 и конечной точкой 29 строительного участка. В дальнейшем должна заданная геометрия S проходить в этих точках 28, 29 тангенциально к необработанному рельсовому пути 5. Используется, например, алгоритм оптимизации, который в качестве целевой функции оптимизирует отклонения между заданной геометрией S и действительной геометрией I при заданных дополнительных условиях (метод минимальных квадратов).

С помощью полученной таким образом заданной геометрии S происходит на последующем этапе расчёт значения корректировки 39. Это происходит в первом варианте с помощью трёхмерной траектории 10, которая получается на основании измеренных данных инерционного измерительного блока 9. На базе координат траектории 10 получается непосредственно действительная геометрия I рельсового пути 5, так что могут определяться на основании компенсации с заданной геометрией S непосредственно значения корректировки. Как правило, таковыми являются значения перемещения (значения рихтовки) и значения подъёма для боковой рихтовки и для подъёма железнодорожной решётки рельсового пути. Предпочтительно задаются для каждого рельса 11 собственные значения подъёма, чтобы, например, компенсировать отдельные погрешности или согласовать возвышения. Определение значений корректировки выполняется с помощью вычислительного устройства 40, в которое направляются значения действительной геометрии I и заданной геометрии S рельсового пути 5.

Во втором варианте способа используются не фильтрованные данные измерений инерционного измерительного блока 9. Тем самым, отпадает необходимость в том, чтобы определять путём вычислений 39 данные корректировки координат траектории 10. Вместо этого происходит в вычислительном устройстве 38 процесс симуляции, при котором симулируется инерционное измерение. Исходя из реального измерения участка 26 рельсового пути, с помощью реального инерционного измерительного блока 9 происходит виртуальное измерение этого же участка 26 рельсового пути с рассчитанной заданной геометрией S. При этом используется виртуальный инерционный измерительный блок. Реальный и виртуальный измерительный блок используют тот же самый инерционный способ измерения. Наличие обусловленных выполняемым способом артефактов проявляется как при реальном, так и при виртуальном измерении. В результате вычитания полученных данных измерения действительной геометрии I и заданной геометрии S удаляются эти артефакты. В результате получают значения корректуры для соответствующего участка 26 пути.

Значения корректировки задаются устройству управления подъёмно-рихтовочного агрегата шпало-подбивочной машины. Она может быть выполнена в данном случае также как описанное в этой заявке измерительное транспортное средство. Для корректировки геометрии рельсового пути перемещается по рельсовому пути 5 после предварительного измерения шпалоподбивочная машина. В соответствии с заданными значениями корректировки размещается железнодорожная решётка рельсового пути с помощью подъёмно-рихтовочного агрегата в её желаемое положение и фиксируется в этом положении с помощью шпалоподбивочного агрегата. Для проверки положения рельсового пути служит тросовая измерительная система, которая смонтирована на шпалоподбивочной машине. Предпочтительно включает в себя, так называемый, линейный компьютер для определения геометрии рельсового пути (называемый также автоматический линейный компьютер ALC) вычислительный блок 36 на шпалоподбивочной машине и вычислительное устройство 40. Линейный компьютер служит при этом как центральный блок для определения значений корректировки и для управления шпалоподбивочной машиной.

На фиг. 4 на обеих верхних диаграммах показана диаграмма кривизны (изображение кривизны) и диаграмма возвышения (изображение возвышения). На оси абсцисс нанесён соответственно путь  $s$ . Ордината диаграммы кривизны показывает действительную кривизну или же направление  $\gamma$  над путём  $s$ . Ордината диаграммы возвышения показывает возвышение или же высоту  $h$  над путём  $s$ .

Под этими диаграммами показано соответствующее им изображение местности участка 26 рельсового пути в неподвижной на местности системе координат XYZ с координатами X и Y. Показанный участок рельсового пути начинается с прямой 31 и переходит затем в переходное закругление 32 с возрастающей кривизной пока кривизна на последующем закруглении 33 (сплошная линия) не станет постоянной.

На диаграммах и на изображении места изображена измеренная действительная геометрия I штриховыми линиями. Отчётливо видно, что не получается окончательного положения основных точек 30 рельсового пути для определяемой заданной геометрии S. Изображены два варианта, которые приводят к различным по длине переходам закругления 32 и, тем самым, к различным заданным геометриям S. Такие допуски используются в заявленном способе, чтобы достигнуть оптимальной последовательности геометрических элементов трассирования.

Также и на фиг. 5 изображены диаграмма кривизны, диаграмма возвышения и изображение на местности. Соответственно сплошная линия показывает заданную геометрию S, которая была определена с помощью заявленного способа. При этом действительная позиционная точка 15, которая соответствует фиксированному положению 19 рельсового пути (например, мост), задаётся в качестве принудительной точки 24. На основе определённой действительной геометрии I и заданной принудительной точки 24 приравнивается заданная геометрия S таким образом как последовательность геометрических элементов трассирования действительной геометрии I, что принудительная точка 24 располагается на линии заданной геометрии S. При этом получается правильное положение для изображённых основных точек 30 рельсового пути. На изображении места показаны точечными линиями два примера, которые изображают возможную заданную геометрию после известного компенсационного способа. Основные точки 30 рельсового пути отклоняются при этом в пределах показанной заштрихованной зоной 41 погрешностей от правильного положения. При этом уже не могут погрешности оказывать значительное влияние на результирующее изображение на местности.

На примере фиг. 6 поясняется, что также заданная за пределами строительного места принудительная точка 24 оказывает положительное влияние на заданную геометрию S на участке 27 строительного места. Показано изображение на месте участка 26 рельсового пути, на котором было выполнено предварительное измерение с помощью измерительного транспортного средства I. Зарегистрированная действительная геометрия I обозначена тонкой сплошной линией. Точечная линия изображает возможную заданную геометрию после известного компенсационного способа. При этом действительная геометрия I собственно сглаживается. Совершенно очевидно, что указанная принудительная точка 24 на фиксированном месте 18 рельсового пути (например, железнодорожный переход) является ошибочной.

В случае заявленного способа используются координаты принудительной точки 24 в расчётах заданной геометрии S. Таким образом, получается обозначенная сплошной линией последовательность геометрических элементов трассирования. Основные точки 30 рельсового пути опять показывают границы элементов трассирования. В показанном примере примыкает после известного компенсационного способа скорректированный рельсовый путь 5 с переходными закруглениями 32 к необработанному рельсовому пути.

В случае заявленного способа проходит рельсовый путь 5 на основании использованной принудительной точки 24 в этом месте как удлинённая прямая 31. Примыкающий угол и координаты позиций рельсового пути 5 в конечной точке 29 места строительства остаются теми же самыми. Тем самым, гарантируется, что при последующей корректировке другого участка рельсового пути достигается оптимальный результат. На фиг. 6 траектории рельсового пути 5 изображены сильно преувеличенными, чтобы показать более отчётливо описанный эффект.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ определения заданной геометрии (S) рельсового пути (5) для корректировки положения рельсового пути (5), при этом сначала регистрируют с помощью измерительной системы (8) на участке (26) рельсового пути действительную геометрию (I) рельсового пути (5) и при этом затем в заключение направляют с помощью вычислительного блока (36) расчёт заданной геометрии (S) на базе действительной геометрии (I), отличающийся тем, что вдоль участка (26) рельсового пути регистрируют с помощью системы (12) для регистрации позиций действительные позиционные точки (15) рельсового пути (5), что по меньшей мере одну позиционную точку (15) задают с помощью установленного в вычислительном блоке (36) задающего устройства (23) в качестве принудительной точки (24) и с помощью установленного в вычислительном блоке (36) алгоритма вычисляют заданную геометрию (S) таким образом, что уравнивают заданную геометрию (S) с действительной геометрией (I) как последовательность геометрических элементов (31, 32, 33) трассирования и прокладывают через заданную принудительную точку (24).

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что с помощью сенсорного устройства (17) опознают автоматически в своём положении фиксированное место (18, 19) рельсового пути и задают соответствующее опознанному фиксированному положению (18, 19) рельсового пути действительную позиционную точку (15) с помощью задающего устройства (23) в качестве принудительной точки (24).

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что задают действительную позиционную точку (15) обслуживающим персоналом с помощью задающего устройства (23) в качестве принудительной точки (24).

4. Способ по одному из пп.1-3, отличающийся тем, что действительные позиционные точки (15) регистрируют с помощью приёмного устройства - GNSS в качестве координат - GNSS.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что регистрацию действительных позиционных точек (15) выполняют с помощью дифференциальной системы - GNSS.

6. Способ по одному из пп.1-5, отличающийся тем, что регистрируют действительную геометрию (I) рельсового пути (5) с помощью инерционного измерительного блока (9) и, в частности, задают с помощью инерционного измерительного блока (9) для каждой даты измерения отметку времени в качестве общего временного базиса.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что определяют в вычислительном устройстве (40) на основании данных измерения инерционного измерительного блока (9) трёхмерную траекторию (10) и определяют на основании сравнения с заданной геометрией (S) значения корректировки для корректировки положения рельсового пути (5).

8. Способ по п.6, отличающийся тем, что подают от инерционного измерительного блока (9) не фильтрованные данные измерения зарегистрированного участка (26) рельсового пути на вычислительное устройство (40), что с помощью симулирующего устройства симулируют виртуальное инерционное измерение этого же самого участка (26) рельсового пути с заданной геометрией (S), чтобы получить симулированные данные измерения с учётом заданной геометрии (S), и определяют значения корректировки для корректировки положения рельсового пути (5), при этом вычитают симулированные данные измерения из не фильтрованных данных измерения инерционного измерительного блока (9).

9. Способ по одному из пп.1-8, отличающийся тем, что устанавливают по меньшей мере одну зарегистрированную действительную позиционную точку (15), которая не расположена между начальной точкой (28) и конечной точкой (29) предусмотренного для корректировки положения строительного участка, в качестве принудительной точки (24) для компенсационного вычисления (35).

10. Система для выполнения способа по одному из пп.1-9, которая включает в себя измерительное транспортное средство (1) для перемещения по участку (26) рельсового пути (5), включающая также в себя измерительную систему (8) для регистрации действительной геометрии (I) рельсового пути (5) и вычислительный блок (36) для вычисления заданной геометрии (S) на базе действительной геометрии (I), отличающаяся тем, что измерительное транспортное средство (1) включает в себя систему (12) для регистрации позиций действительных позиционных точек (15) вдоль участка (26) рельсового пути (5), что установлено задающее устройство (23) для вычислительного блока (36), чтобы задавать вычислительному блоку (36) по меньшей мере одну действительную позиционную точку (15) в качестве принудительной точки (24), и в вычислительном блоке (36) установлен алгоритм, который уравнивает заданную геометрию (S) с действительной геометрией (I) как последовательность геометрических элементов (31, 32, 33) трассирования и укладывает рельсовый путь благодаря по меньшей мере одной принудительной точке (24).

11. Система по п.10, отличающаяся тем, что измерительное транспортное средство (1) включает в себя сенсорное устройство (17) для автоматического опознания зафиксированного в своём положении места (18, 19) рельсового пути и сенсорное устройство (17) соединено с задающим устройством (23), чтобы определять соответствующую месту (18, 19) рельсового пути действительную позиционную точку (15) в качестве принудительной точки (24).

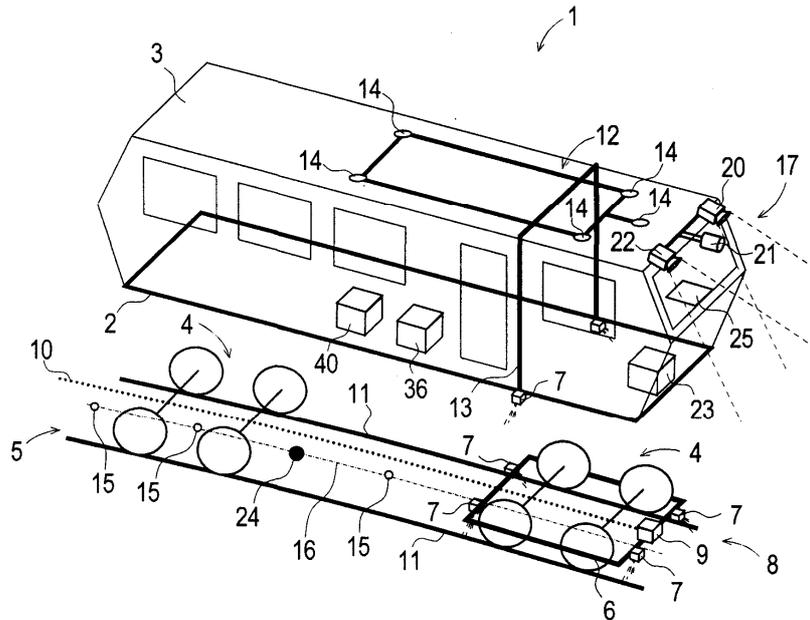
12. Система по п.10 или 11, отличающаяся тем, что задающее устройство (23) включает в себя обслуживающий блок (25), с помощью которого определяется действительная позиционная точка (15) обслуживающим персоналом в качестве принудительной точки (24).

13. Система по одному из пп.10-12, отличающаяся тем, что система (12) для регистрации позиции

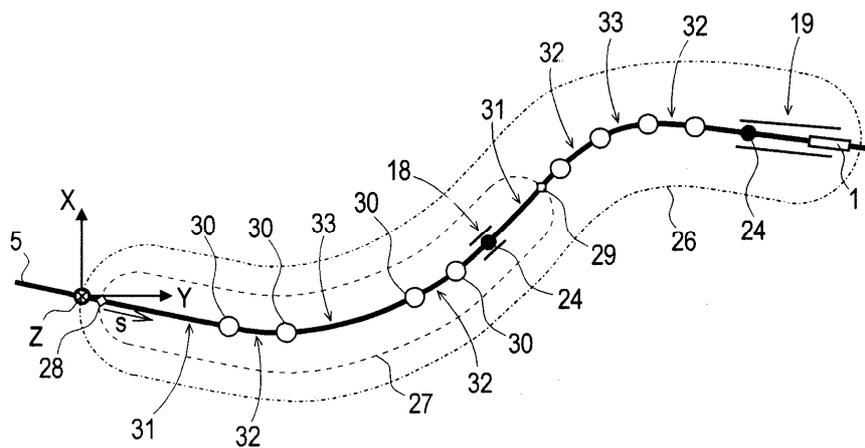
включает в себя приёмное устройство - GNSS, которое, в частности, соединено с устройствами для измерения положения приёмного устройства - GNSS по отношению к рельсовому пути (5).

14. Система по одному из пп.10-13, отличающаяся тем, что измерительная система (8) включает в себя инерционный измерительный блок (9) и, в частности, устройства (7) для измерения положения, чтобы определять положение инерционного измерительного блока (9) по отношению к рельсовому пути (5).

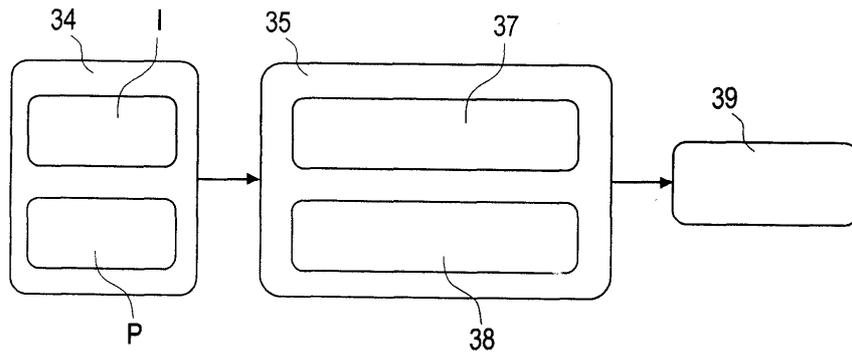
15. Система по одному из пп.10-14, отличающаяся тем, что устанавливают вычислительное устройство (40) для вычисления значений корректировки для корректировки положения рельсового пути (5) и устанавливают управляющее устройство на путевой машине для обработки значений корректировки, чтобы приводить рельсовый путь с помощью управляемого подъёмно-рихтовочного агрегата в заданное положение согласно заданной геометрии.



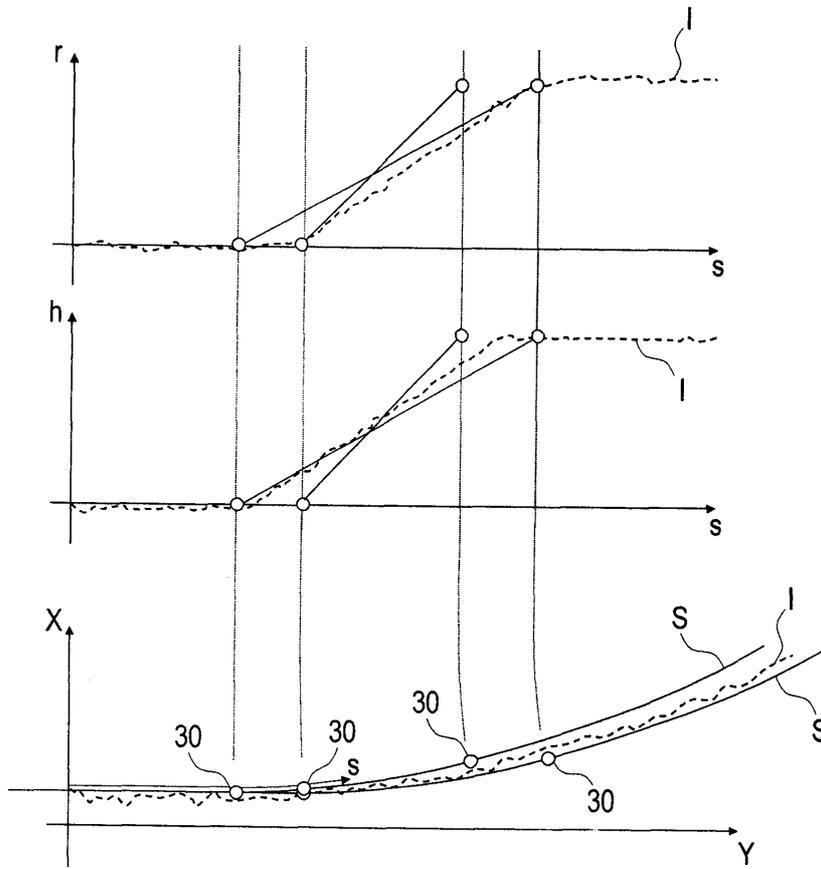
Фиг. 1



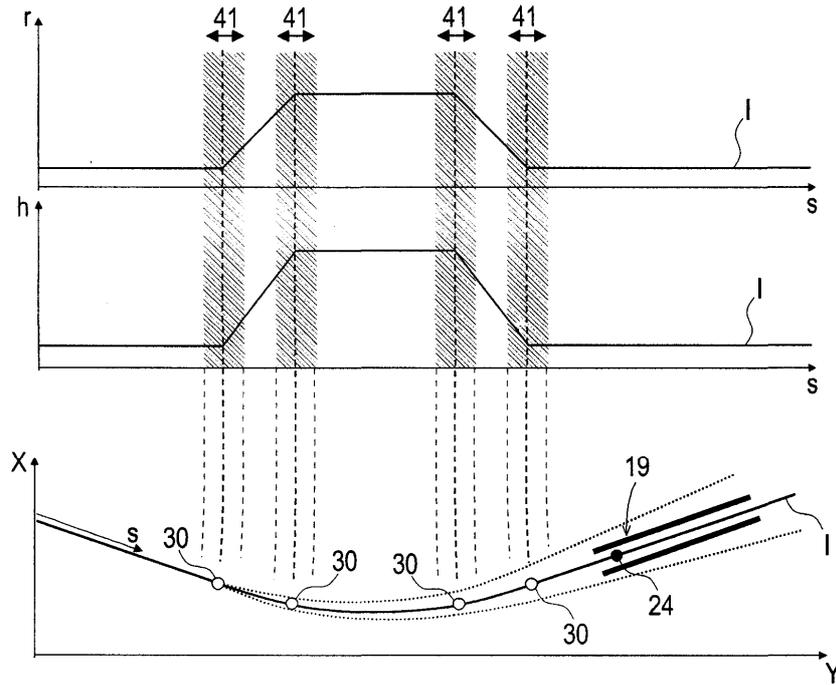
Фиг. 2



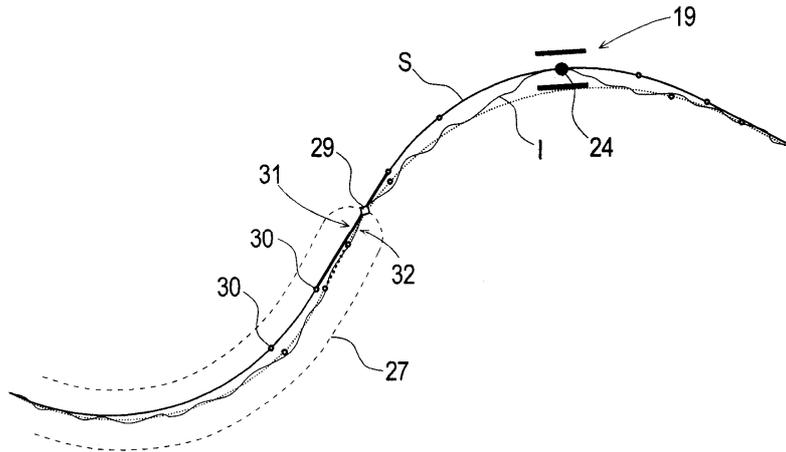
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

