

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **028265**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2017.10.31

(51) Int. Cl. **B61L 3/00** (2006.01)
B61L 27/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
201500498

(22) Дата подачи заявки
2015.06.04

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА ЭНЕРГООПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ, УЧИТЫВАЮЩИЕ
ВОЗМОЖНЫЕ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ**

(43) **2016.12.30**

(56) RU-C1-2355596
RU-C2-2255894
RU-C1-2237589
RU-C2-2409484
EP-A2-1136969

(96) **2015000048 (RU) 2015.06.04**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"СМАРТВИЗ" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Жебрак Леонид Михайлович, Сафро
Михаил Владимирович (RU)**

(74) Представитель:
Котлов Д.В. (RU)

(57) Техническое решение предназначено для повышения эффективности управления железнодорожным подвижным составом за счет уменьшения расхода энергии на тягу поездов и повышения безопасности движения подвижного состава. Технический результат от использования данного технического решения заключается в снижении энергетических затрат на тягу поезда, уменьшения износа оборудования, а также снижения аварийности при движении подвижного состава. Способ энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающий возможные аварийные ситуации, включает следующие шаги: получают параметры железнодорожного подвижного состава, включающие по крайней мере скорость, координату, значение управляющего воздействия, массу состава, профиль пути, сопротивление движению; для каждой координаты пути на основании параметров, полученных на предыдущем шаге, определяют значения управляющего воздействия и скорости изменения управляющего воздействия, при которых могут произойти аварийные ситуации; определяют энергооптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием железнодорожного подвижного состава, с учетом недопустимости значений управляющего воздействия, полученных на предыдущем шаге; передают энергооптимальное управление, определенное на предыдущем шаге, в систему управления железнодорожного подвижного состава для исполнения и/или отображения машинисту.

028265
B1

028265
B1

Область техники

Техническое решение предназначено для повышения эффективности управления железнодорожным подвижным составом: за счет уменьшения расхода энергии на тягу поездов и повышения безопасности движения подвижного состава.

Уровень техники

Железнодорожный транспорт - вид транспорта, выполняющий перевозки пассажиров и грузов по рельсовым путям с помощью локомотивной тяги. Среди всех видов транспорта этот транспорт занимает ведущее место, что объясняется его универсальностью. Основные преимущества: высокая провозная способность, эффективность перевозок габаритных грузов на дальние расстояния, сравнительно большие скорости.

Железнодорожный транспорт, выполняющий огромные объемы перевозок пассажиров и грузов, в том числе опасных и особо опасных, относится к отраслям народного хозяйства с повышенным риском возникновения аварийных ситуаций.

Основными причинами аварий и катастроф являются неисправности путей подвижного состава, средств сигнализации и блокировки, ошибки диспетчеров, невнимательность и халатность машинистов, ошибки в управлении подвижным составом, неисправность тягового и тормозного оборудования.

Чаще всего происходит сход подвижного состава с рельсов, столкновения, наезды на препятствия на переездах, пожары и взрывы непосредственно в вагонах. Не исключаются размывы железнодорожных путей, обвалы, оползни, наводнения. При перевозке опасных грузов, таких как газы, легковоспламеняющиеся, взрывоопасные, едкие, ядовитые и радиоактивные вещества, происходят взрывы, пожары цистерн и других вагонов.

По показателям безопасности движения железнодорожный транспорт занимает третье место после автомобильного и воздушного. Статистические данные последних лет свидетельствуют о значительном числе пострадавших и погибших в результате крушений пассажирских поездов. Аварийные ситуации при перевозке по железным дорогам опасных и особо опасных грузов приводят к значительным разрушениям, заражению местности и поражению токсичными веществами больших масс людей.

Также стоит отметить, что для работы подвижного состава требуется большое количество энергии, затрачивается большое количество топлива. В связи с этим актуальна проблема экономии энергии при движении подвижного состава.

Из уровня техники известно изобретение RU 2354569, "Способ вождения соединенных поездов", ЗАО НПЦ "ТОРМОЗ" (RU), опубликовано 10.05.2009. Данное изобретение относится к железнодорожной технике и может быть использовано при вождении соединённых грузовых поездов, в которых используется несколько локомотивов, и касается путей выхода из аварийных ситуаций. Способ предусматривает непрерывный контроль продольных сил на автосцепке локомотивов. Их величина может резко измениться только при обрыве автосцепки в одном из составов соединённого поезда. А скорость распространения продольных сил в несколько раз больше скорости распространения тормозной волны. Поэтому в начале будет проявляться их изменение, а затем и изменение давления. При этом в аварийном режиме при разрыве тормозной магистрали в зависти от того, ведомый или ведущий локомотив первым почувствует изменение продольных сил, команду на сброс тяги подаст ведущий локомотив или ведомый. Блок хвостового вагона с ведущего состава информирует о произошедшем изменении давления ведомый локомотив, тормозная магистраль которого является автономной, и нет её подпитки через кран машиниста ведомого локомотива. Торможение начинается ведомым локомотивом после срабатывания команды на сброс тяги и прихода команды торможения или с ведущего локомотива, или с блока хвостового вагона первого состава, или с блока хвостового вагона второго состава. При этом торможение ведомым локомотивом проводится темпом экстренного торможения. При использовании данного изобретения не предполагается определения энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом для каждой координаты маршрута железнодорожного подвижного состава с учетом возможных аварийных ситуаций.

Сущность технического решения

Данное техническое решение направлено на устранение недостатков, присущих существующим аналогам.

Технический результат от использования данного технического решения заключается в снижении энергетических затрат на тягу поезда, уменьшения износа оборудования, а также снижения аварийности при движении подвижного состава.

Данный технический результат достигается за счет определения энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом для каждой координаты маршрута железнодорожного подвижного состава: рассчитывается значение управляющего воздействия, исключающего аварийные ситуации, таким образом, что бы суммарный расход энергии был минимален.

Способ энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающий возможные аварийные ситуации, включает следующие шаги: получают параметры железнодорожного подвижного состава, включающие, по крайней мере: скорость, координату, значение управляющего воздействия, массу состава, профиль пути, сопротивление движению; для каждой координаты пути на осно-

вании параметров, полученных на предыдущем шаге, определяют: значения управляющего воздействия и скорости изменения управляющего воздействия, при которых могут произойти аварийные ситуации; определяют энергооптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием железнодорожного подвижного состава, с учетом недопустимости значений управляющего воздействия и скорости изменения управляющего воздействия, полученных на предыдущем шаге; передают энергооптимальное управление, определенное на предыдущем шаге, в систему управления железнодорожного подвижного состава для исполнения и/или отображения машинисту.

Шаги энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающего возможные аварийные ситуации, могут выполняться циклично.

Требуемые параметры могут поступать от различных датчиков, установленных в подвижном железнодорожном составе, и/или рассчитываться на их основании.

Скорость и текущее местоположение (координаты) подвижного железнодорожного состава могут быть определены с помощью спутниковых систем навигации.

Навигационной системой железнодорожного подвижного состава может являться система GPS и/или Глонасс и/или Бэйдоу.

Для определения энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом с учетом возможных аварийных ситуаций, могут быть определены такие значения управляющего воздействия и/или скорости изменения управляющего воздействия, при которых могут произойти следующие ситуации: разрыв автосцепки вагонов железнодорожного подвижного состава (вследствие сильного растяжения), выдавливание вагонов железнодорожного подвижного состава с рельс (вследствие сильного сжатия), сход подвижного железнодорожного состава с рельсов (вследствие слишком сильного ускорения или замедления на поворотах дороги с маленьким радиусом кривизны), но не ограничиваясь ими. При определении энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом с учетом возможных аварийных ситуаций может задаваться требуемое время движения, требуемое время прибытия. Данное техническое решение может быть выполнено в виде системы энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающей возможные аварийные ситуации, которая включает в себя: одно или более устройство обработки команд, одно или более устройство хранения данных, одну или более программ, где одна или более программ хранятся на одном или более устройстве хранения данных и исполняются на одном и более процессоре, причем одна или более программ включает следующие инструкции: получают параметры железнодорожного подвижного состава, включающие, по крайней мере, массу состава, профиль пути, сопротивление движению: скорость, координату, значение управляющего воздействия; для каждой координаты пути на основании параметров, полученных на предыдущем шаге, определяют: значения управляющего воздействия и скорости изменения управляющего воздействия, при которых могут произойти аварийные ситуации; определяют энергооптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием железнодорожного подвижного состава, с учетом недопустимости значений управляющего воздействия, полученных на предыдущем шаге; передают энергооптимальное управление, определенное на предыдущем шаге, в систему управления железнодорожного подвижного состава для исполнения и/или отображения машинисту.

Шаги энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающего возможные аварийные ситуации, могут выполняться циклично.

Требуемые параметры могут поступать от различных датчиков, установленных в подвижном железнодорожном составе, и/или рассчитываться на их основании.

Скорость и текущее местоположение (координаты) подвижного железнодорожного состава могут быть определены с помощью спутниковых систем навигации.

Навигационной системой железнодорожного подвижного состава может являться система GPS, и/или Глонасс, и/или Бэйдоу.

Для определения энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом с учетом возможных аварийных ситуаций, могут быть определены такие значения управляющего воздействия и/или скорости изменения управляющего воздействия, при которых могут произойти следующие ситуации: разрыв автосцепки вагонов железнодорожного подвижного состава (вследствие сильного растяжения), выдавливание вагонов железнодорожного подвижного состава с рельс (вследствие сильного сжатия), сход подвижного железнодорожного состава с рельсов (вследствие слишком сильного ускорения или замедления на поворотах дороги с маленьким радиусом кривизны), но не ограничиваясь ими. При определении может задаваться требуемое время движения, требуемое время прибытия.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - движение поезда по перелому профиля с подъема на спуск;
 фиг. 2 - движение поезда по перелому профиля со спуска на подъем;
 фиг. 3 - движение поезда по участку с маленьким радиусом кривизны;
 фиг. 4 - блок-схема одного из вариантов реализации способа энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающего возможные аварийные ситуации.

Подробное описание технического решения

Данное техническое решение в различных своих вариантах осуществления может быть выполнено в

виде способа, в виде системы или машиночитаемого носителя, содержащего инструкции для выполнения вышеупомянутого способа.

В некоторых вариантах реализации, техническое решение может быть реализовано в виде распределенной компьютерной системы.

В данном техническом решении под системой подразумевается компьютерная система, ЭВМ (электронно-вычислительная машина), ЧПУ (числовое программное управление), ПЛК (программируемый логический контроллер), компьютеризированные системы управления и любые другие устройства, способные выполнять заданную, четко определенную последовательность операций (действий, инструкций).

Под устройством обработки команд подразумевается электронный блок либо интегральная схема (микроспроцессор), исполняющая машинные инструкции (программы).

Устройство обработки команд считывает и выполняет машинные инструкции (программы) с одного или более устройств хранения данных. В роли устройства хранения данных могут выступать, но, не ограничиваясь, жесткие диски (HDD), флеш-память, ПЗУ (постоянное запоминающее устройство), твердотельные накопители (SSD), оптические приводы.

Программа - последовательность инструкций, предназначенных для исполнения устройством управления вычислительной машины или устройством обработки команд.

Ниже будут рассмотрены некоторые термины, которые в дальнейшем будут использоваться при описании технического решения.

Профиль пути - проекция трассы железной дороги на вертикальную плоскость. На существующих линиях продольный профиль пути определяется уровнем головки рельса. Продольный профиль пути состоит из горизонтальных участков (площадок) и уклонов. Площадки и уклоны различной крутизны называют элементами профиля. При значительной разности уклонов смежных элементов (более 2-3%) они сопрягаются вертикальной сопрягающей кривой. Очертание продольного профиля пути влияет на безопасность и плавность движения поездов. Чем больше длина элементов профиля и меньше разность уклонов смежных элементов, тем меньше продольные усилия и ускорения, возникающие при движении поезда. Особенно неблагоприятны значительные изменения крутизны уклонов на тех участках пути, где изменяется режим работы локомотива (включение тормозов, сброс или набор тяги). К таким участкам относятся углубления профиля или уступы на крутых спусках, где согласно нормам проектирования принимается меньшая разность уклонов смежных элементов и большая их длина (так называемые рекомендуемые нормы). На участках, где поезда движутся в стационарном режиме, например на возвышениях профиля, ограниченных затяжными уклонами, допускается большая разность уклонов смежных элементов и меньшая их длина (так называемые допускаемые нормы).

В данном техническом решении эффект экономии энергии достигается за счет определения энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом для каждой координаты маршрута железнодорожного подвижного состава: рассчитывается значение управляющего воздействия таким образом, что бы суммарный расход энергии был минимален.

При этом учитывается недопустимость задания таких значений управляющего воздействия и/или скорости изменения управляющего воздействия, при которых возможны аварийные ситуации, что повышает безопасность движения подвижного состава.

Согласно предлагаемому техническому решению, способ энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающий возможные аварийные ситуации, включает следующие шаги.

Получают параметры железнодорожного подвижного состава, включающие, по крайней мере: скорость, координату, значение управляющего воздействия, массу состава, профиль пути, сопротивление движению.

Масса поезда может быть получена извне (например введена машинистом в систему управления или по радиоканалу) или рассчитываться на основе массы локомотива (которая известна) количества и составности вагонов (масса пустого вагона известна, масса груза или пассажиров может быть рассчитана на основе объема вагонов и средней плотности грузов (или соответственно количества пассажиров)).

Сопротивление движению может быть рассчитано на основе текущей скорости и известной зависимости сопротивления движению от скорости).

Скорость и координаты подвижного железнодорожного состава могут определяться, но, не ограничиваясь, как на основе показаний датчиков (например, одометрический датчик), так и с использованием средств радионавигации, например GPS, Глонасс.

Профиль пути может быть получен на основе цифровой карты дороги, которая закладывается в систему управления (для каждой координаты пути известно значение профиля).

Значение управляющего воздействия может определяться, но не ограничиваясь измерителем мощности. Системы измерения могут быть различными, зависит от типа железнодорожного подвижного состава (например, система амперметра-вольтметра и/или на основе датчика вращения двигателя, ваттметр).

Для каждой координаты пути на основании параметров, полученных на предыдущем шаге, определяют значения управляющего воздействия и/или скорость изменения управляющего воздействия, при

которых могут произойти аварийные ситуации.

Например, при управлении подвижным составом возможно задание таких значений управляющего воздействия и/или скорости изменения управляющего воздействия, при которых произойдет:

1. Разрыв автосцепки (вследствие сильного растяжения).
2. Выдавливание вагона (вследствие сильного сжатия).
3. Сход поезда с рельсов (вследствие слишком сильного ускорения или замедления на поворотах дороги с маленьким радиусом кривизны).

Чтобы избежать подобных ситуаций предлагается построение режима движения поезда, исключая подобные ситуации, причем расход энергии должен быть минимален.

Для определения управляющих воздействий, при которых происходят аварийные ситуации, возможно использовать следующее уравнение движения поезда:

$$(1 + \gamma)mv \frac{dv}{dx} = F(x) - W(v) - i(x) \quad (2)$$

где γ - коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся частей (коэффициент может быть рассчитан на основе показаний датчиков или задан в систему управления извне);

v - скорость состава в координате x ;

$F(x)$ - значение управляющего воздействия в координате x ;

$W(v)$ - сопротивление движению при скорости движения v ;

$i(x)$ - добавочная сила создаваемая профилем пути.

На фиг. 1, фиг. 2, фиг. 3 показаны схемы движения поезда по перелому профиля, например с подъема на спуск (фиг. 1) или со спуска на подъем (фиг. 2), по участку с маленьким радиусом кривизны (фиг. 3), цифрами 1, 2 обозначаются первый и второй вагоны железнодорожного подвижного состава, n и $n-1$ - последний и предпоследний вагоны железнодорожного подвижного состава, троеточие между вторым и предпоследним вагонами железнодорожного подвижного состава обозначает множество других вагонов железнодорожного подвижного состава, находящихся между вторым и предпоследним вагонами железнодорожного подвижного состава, L - локомотив железнодорожного подвижного состава, R - возможное место возникновения опасных продольно-динамических реакций, могущих привести к возникновению аварийных ситуаций, F - управляющее воздействие.

Например, при движении поезда по перелому профиля, например с подъема на спуск (фиг. 1) или со спуска на подъем (фиг. 2) при сильном изменении управляющего воздействия и/или при недопустимых значениях управляющих воздействий возможно возникновение опасных продольно-динамических реакций, которые в первом случае приведут к разрыву состава, во втором к выдавливанию вагонов.

Т.е. для координат x^p таких, что $x_a < x^p < x_b$, где x_a , x_b - точки перелома профиля значения управляющего воздействия должны быть ограничены значениями $F^{\min} < F(x) < F^{\max}$ и/или удельное изменение значения управляющего воздействия должно быть ограничено:

$$dF^{\min} < \frac{dF(x)}{dx} < dF^{\max} \quad (3).$$

Возможно также ограничение на смену режима движения, например переход из тяги в торможение или наоборот.

При движении по участку с маленьким радиусом кривизны (фиг. 3) возможны такие же ограничения: для координат x^p , таких, что $x_a < x^p < x_b$, где x_a , x_b - точки начала и конца участка с маленьким радиусом кривизны $F^{\min} < F(x) < F^{\max}$ и/или удельное изменение значения управляющего воздействия должно быть ограничено:

$$dF^{\min} < \frac{dF(x)}{dx} < dF^{\max}$$

В описанных случаях ограничения на управляющее воздействие может быть получено из ограничения на ускорение в координате или на участке пути:

$$\frac{dv}{dt} = v \frac{dv}{dx} < a^{\max} \quad (4)$$

и формулы (2).

Из ограничений на деформацию, сжатие и продольную силу в автосцепках, а также на относительные перемещения между вагонами получаются ограничения на значения управляющего воздействия (3) и/или скорости изменения управляющего воздействия (4).

Определяют энергооптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием железнодорожного подвижного состава, с учетом недопустимости значений управляющего воздействия, полученных на предыдущем шаге.

С учетом полученных на предыдущем шаге значений управляющего воздействия, при которых возможны аварийные ситуации, определяют энергооптимальное управление (1):

$$\int_{x_0}^{x_1} F(x) dx \rightarrow \min \quad (1)$$

таким образом, что бы для каждой координаты значение управляющего воздействия и/или скорости

изменения управляющего воздействия были равны не одному из значений, при которых возможны аварийные ситуации, где $F(x)$ - значение управляющего воздействия в координате x .

В зависимости от типа управления (например, непрерывное или дискретное) энергооптимальное управление (1) может быть определено с помощью методов вариационного исчисления и/или методов теории оптимального управления и/или с помощью методов динамического программирования.

Например, может использоваться следующий алгоритм:

1. Привести задачу к классической формулировке:

$$B_0(x(\cdot), u(\cdot), t_0, t_k) \rightarrow \min$$

$$\Phi(x(\cdot), u(x(\cdot)), t_0, t_k) = \dot{x}(t) - \phi(t, x(t), u(t)) = 0$$

$$B_i(x(\cdot), u(\cdot), t_0, t_k) \leq 0, \quad i = \overline{1, m'}$$

$$B_i(x(\cdot), u(\cdot), t_0, t_k) = 0, \quad i = \overline{m', m},$$

где

$$B_i(x(\cdot), u(\cdot), t_0, t_k) = \int_{t_0}^{t_k} f_i(t, x, u) dt + \psi_i(t_0, x(t_0), t_k, x(t_k)); \quad i = \overline{0, m}$$

2. Далее необходимо:

1. Составить функцию Лагранжа;
2. Выбрать необходимые условия оптимального в слабом смысле процесса:
 - а) Стационарности по x - уравнение Эйлера для лагранжиана;
 - б) трансверсальности по x ;
 - в) стационарности по u ;
 - г) стационарности по t_k ;
 - д) дополняющей нежесткости;
 - е) неотрицательности множителей Лагранжа.

3. Найти допустимые управляемые процессы, для которых выполняются условия п.2 с множителями Лагранжа λ и $p(\cdot)$, одновременно равными нулю.

4. Среди всех найденных в п.3 допустимых экстремальных процессов найти решение.

Передают энергооптимальное управление, определенное на предыдущем шаге, в систему управления железнодорожного подвижного состава для исполнения и/или отображения машинисту.

На фиг. 4 представлена блок-схема одного из вариантов реализации способа энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающего возможные аварийные ситуации. При этом ограничения при определении энергооптимального управления можно охарактеризовать следующим образом:

$$x_0 \leq x \leq x_k,$$

$\hat{F}(x)$ - значения управляющего воздействия, при которых возможны аварийные ситуации,

$\hat{dF}(x)$ - значения скорости изменения управляющего воздействия, при которых возможны аварийные ситуации,

$$F(x) \neq \hat{F}(x),$$

$$\frac{dF}{dt} \neq \hat{dF}(x).$$

Специалисту в данной области, очевидно, что конкретные варианты осуществления способа и системы энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающих возможные аварийные ситуации, были описаны здесь в целях иллюстрации, допустимы различные модификации, не выходящие за рамки и сущности объема технического решения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, отличающийся тем, что дополнительно содержит этапы, на которых получают параметры железнодорожного подвижного состава, включающие, по крайней мере, скорость, координату, значение управляющего воздействия, массу состава, профиль пути, сопротивление движению; для каждой координаты пути на основании параметров, полученных на предыдущем шаге, определяют значения управляющего воздействия и скорости изменения управляющего воздействия, при которых могут произойти аварийные ситуации; определяют энергооптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием железнодорожного подвижного состава, с учетом недопустимости значений управляющего воздействия и/или скорости изменения управляющего воздействия, полученных на предыдущем шаге; передают энергооптимальное управление, определенное на предыдущем шаге, в систему управления железнодорожного подвижного состава для исполнения и/или отображения машинисту.

2. Способ по п.1, в котором шаги способа выполняются циклично.

3. Способ по п.1, в котором координаты и скорость железнодорожного подвижного состава определяются с помощью навигационных систем.

4. Способ по п.1, в котором параметры железнодорожного подвижного состава могут получать от датчиков, установленных на железнодорожном составе и/или рассчитываться на их основании.

5. Способ по п.3, характеризующийся тем, что навигационной системой железнодорожного подвижного состава является система GPS, и/или Глонасс, и/или Бэйдоу.

6. Способ по п.1, характеризующийся тем, что рассчитывают значения управляющего воздействия и/или скорости изменения управляющего воздействия, при которых может произойти разрыв автосцепки вагонов железнодорожного подвижного состава (вследствие сильного растяжения).

7. Способ по п.1, характеризующийся тем, что рассчитывают значения управляющего воздействия и/или скорости изменения управляющего воздействия, при которых может произойти выдавливание вагонов железнодорожного подвижного состава с рельс (вследствие сильного сжатия).

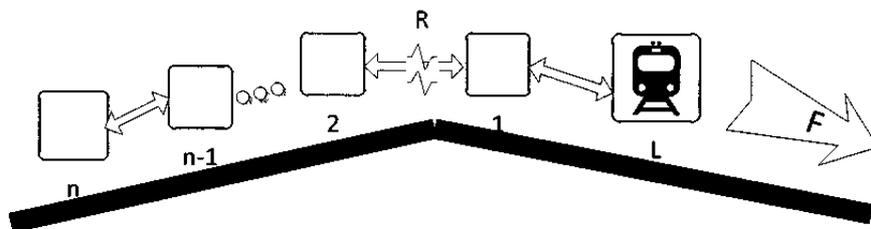
8. Способ по п.1, характеризующийся тем, что рассчитывают значения управляющего воздействия и/или скорости изменения управляющего воздействия, при которых может произойти сход подвижного железнодорожного состава с рельсов (вследствие слишком сильного ускорения или замедления на поворотах дороги с маленьким радиусом кривизны).

9. Способ по п.1, характеризующийся тем, что для расчета энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающего возможные аварийные ситуации, задается требуемое время движения.

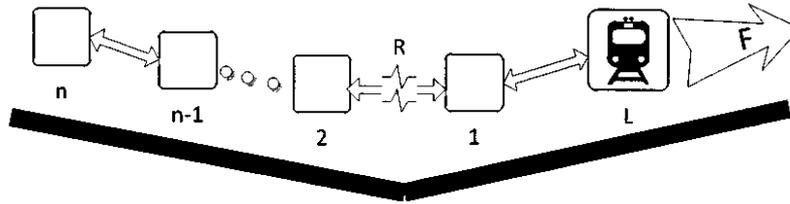
10. Способ по п.1, характеризующийся тем, что для расчета энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающего возможные аварийные ситуации, задается требуемое время прибытия.

11. Система управления железнодорожным подвижным составом, учитывающая возможные аварийные ситуации, содержащая по крайней мере одно устройство обработки команд; по крайней мере одно устройство хранения данных; одну или более компьютерных программ, загружаемых по крайней мере в одно вышеупомянутое устройство хранения данных и выполняемых по крайней мере на одном из вышеупомянутых устройств обработки команд, при этом одна или более компьютерных программ содержат инструкции для выполнения способа по любому из пп.1-10.

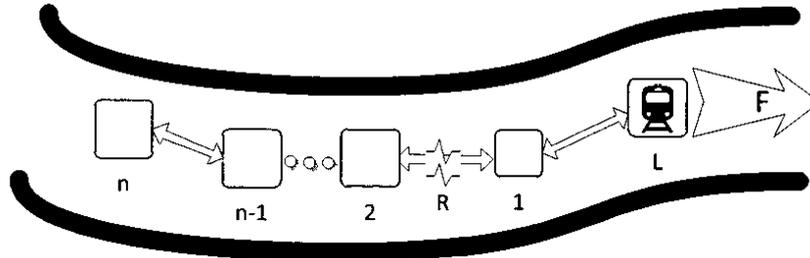
12. Машиночитаемый носитель данных, содержащий исполняемые одним или более процессором машиночитаемые инструкции, которые при их исполнении реализуют выполнение способа энергооптимального управления железнодорожным подвижным составом, учитывающего возможные аварийные ситуации, по любому из пп.1-10.



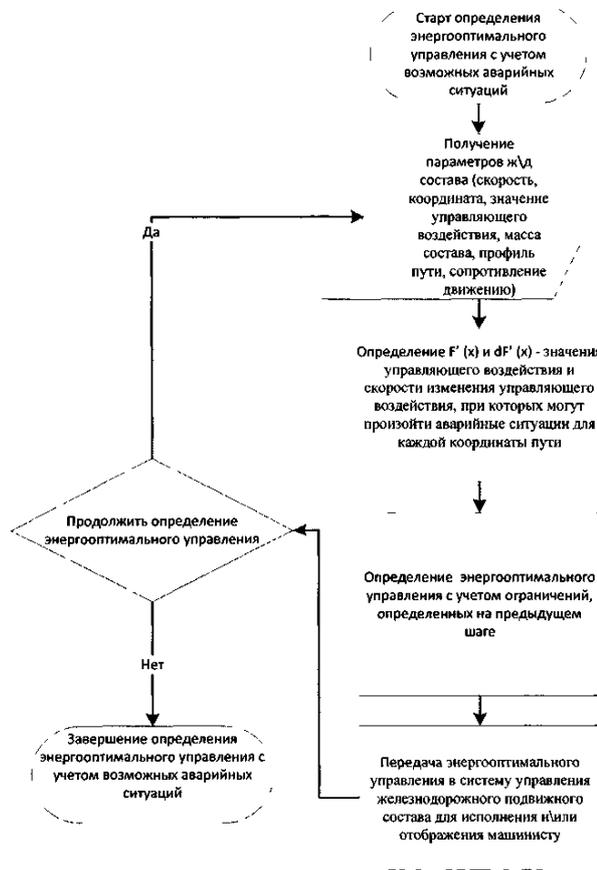
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

