

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **029113**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2018.02.28**

(51) Int. Cl. **B61C 17/12 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**201500083**

(22) Дата подачи заявки  
**2015.01.30**

---

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА ЭНЕРГООПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ**

---

(43) **2016.07.29**

(56) RU-U1-103789  
RU-C1-2237589  
RU-A-2008137255  
RU-C2-2409484  
EP-A2-1136969  
US-A1-20040133315

(96) **2015000018 (RU) 2015.01.30**

(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) Изобретение предназначено для экономии энергии, затрачиваемой автономным железнодорожным подвижным составом, например тепловозом, на выполнение поездной и маневровой работы, при вождении поездов в автоматическом режиме или в режиме помощи машинисту. Технический результат от использования энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом заключается в снижении энергетических затрат на тягу поезда. Данный технический результат достигается за счет определения энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом для каждой координаты маршрута автономного железнодорожного подвижного состава: рассчитывается значение управляющего воздействия, с учетом потери мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования таким образом, чтобы суммарный расход энергии был минимален. Способ энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом включает следующие шаги: получают параметры автономного железнодорожного подвижного состава, включающие, по крайней мере, скорость, координату, значение управляющего воздействия; для каждой координаты пути определяют энергооптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием автономного железнодорожного подвижного состава, на основании максимальной касательной мощности автономного железнодорожного подвижного состава; передают энергооптимальное управление, определенное на предыдущем шаге, в систему управления автономного железнодорожного подвижного состава для исполнения или отображения машинисту.

---

**B1**

**029113**

**029113**

**B1**

### **Область техники**

Изобретение предназначено для экономии энергии, затрачиваемой автономным железнодорожным подвижным составом, например тепловозом, на выполнение поездной и маневровой работы, при вождении поездов в автоматическом режиме или в режиме помощи машинисту.

### **Уровень техники**

Все движущиеся по рельсовой колее единицы называются подвижным составом. Железнодорожный подвижной состав можно разделить на тяговый и нетяговый. К тяговым железнодорожным подвижным составам относятся локомотивы. Локомотивы классифицируются по типу тяги: паровозы - в движение колесные пары приводит водяной пар, тепловозы - источником энергии является двигатель внутреннего сгорания, в электровозах ток из контактной сети преобразуется и приводит в движение локомотив, поэтому они не могут считаться автономными подвижными составами. Кроме этих основных видов тяги, которые широко применяются на подвижном составе, существуют экспериментальные виды. Кроме того существуют электропоезда. В них приводит в движение состав, как головной, хвостовой вагон, так и моторные вагоны в середине состава. Тяговый подвижной состав можно разделить на автономный и неавтономный. Автономный подвижной состав, в отличие от неавтономного, не имеет внешнего источника мощности (например, в виде контактной сети).

При работе автономного подвижного состава часть мощности, вырабатываемой специальным оборудованием автономного подвижного состава (например, в случае тепловоза - дизель-генератор; в случае газотурбовоза - газотурбинный двигатель) тратится на работу вспомогательного оборудования (например, на работу вентиляторов, с помощью которых охлаждаются двигатели тепловоза).

Поскольку мощность автономного подвижного состава ограничена (нет неограниченного источника мощности в виде контактной сети), та часть мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования, отнимается от общей мощности и не может быть потрачена на тягу. При построении плана энергооптимального управления автономным подвижным составом (каждой координате пути соответствует такое значение управляющего воздействия, что суммарный расход энергии будет минимален) необходимо учитывать расходы на работу вспомогательного оборудования (или учитывать ту часть мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования). Из уровня техники известно изобретение RU 2237589, "Способ выбора наиболее экономичного режима движения поезда на заданном участке пути", Омский государственный университет путей сообщения (RU), опубликовано 10.10.2004. Данное изобретение относится к теории тяги рельсового транспортного средства и может быть использовано для оптимизации режима движения поезда с точки зрения энергозатрат на тягу при заданном времени прибытия на конечный пункт. Недостатком данного изобретения является то, что оно не предполагает учет расхода мощности на работу вспомогательного оборудования при определении наиболее экономичного режима движения.

### **Сущность изобретения**

Данное изобретение направлено на устранение недостатков, присущих существующим аналогам.

Способ энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом включает следующие шаги: получают параметры автономного железнодорожного подвижного состава, включающие, по крайней мере, скорость, координату, значение управляющего воздействия; для каждой координаты пути определяют часть мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования, максимальную касательную мощность, энергооптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием автономного железнодорожного подвижного состава, на основании максимальной касательной мощности автономного железнодорожного подвижного состава; передают энергооптимальное управление, определенное на предыдущем шаге, в систему управления автономного железнодорожного подвижного состава для исполнения или отображения машинисту.

Шаги способа энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом могут выполняться циклично. Требуемые параметры могут поступать от различных датчиков, установленных в автономном подвижном железнодорожном составе, и/или рассчитываться на их основании.

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

Навигационной системой автономного железнодорожного подвижного состава может являться система GPS, и/или Глонасс, и/или Бэйдоу. Для вычисления максимальной касательной мощности автономного подвижного железнодорожного состава может использоваться значение части мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава, при этом может дополнительно задаваться момент времени начала и продолжительность отбора части мощности автономного подвижного железнодорожного состава для покрытия затрат на работу вспомогательного оборудования. При определении энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом может задаваться требуемое время движения, требуемое время прибытия.

В качестве вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава могут выступать, но не ограничиваясь ими, компрессоры, системы обогрева, системы энергоснабжения пассажирских вагонов, системы охлаждения дизель-генераторов, системы охлаждения тяговых двигателей, системы охлаждения электронной системы управления автономного подвижного железнодорожного

состава, системы охлаждения компрессоров, системы климат-контроля автономного железнодорожного подвижного состава.

Данное изобретение может быть выполнено в виде системы энергооптимального управления автономным подвижным составом, включающей: 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 автономного железнодорожного подвижного состава, включающие, по крайней мере, скорость, координату, значение управляющего воздействия; для каждой координаты пути определяют часть мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования, максимальную касательную мощность, энергооптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием автономного железнодорожного подвижного состава, на основании максимальной касательной мощности автономного железнодорожного подвижного состава; передают энергооптимальное управление, определенное на предыдущем шаге, в систему управления автономного железнодорожного подвижного состава для исполнения или отображения машинисту.

Шаги способа энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом могут выполняться циклично. Требуемые параметры могут поступать от различных датчиков, установленных в автономном подвижном железнодорожном составе, и/или рассчитываться на их основании.

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

Навигационной системой автономного железнодорожного подвижного состава может являться система GPS, и/или Глонасс, и/или Бэйдоу. Для вычисления максимальной касательной мощности автономного подвижного железнодорожного состава может использоваться значение части мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава, при этом может дополнительно определяться момент времени начала и продолжительность отбора части мощности автономного подвижного железнодорожного состава для покрытия затрат на работу вспомогательного оборудования. При определении энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом может задаваться требуемое время движения, требуемое время прибытия.

В качестве вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава могут выступать, но, не ограничиваясь ими, компрессоры, системы обогрева, системы энергоснабжения пассажирских вагонов, системы охлаждения дизель-генераторов, системы охлаждения тяговых двигателей, системы охлаждения электронной системы управления автономного подвижного железнодорожного состава, системы охлаждения компрессоров, системы климат-контроля автономного железнодорожного подвижного состава.

Технический результат от использования энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом заключается в снижении энергетических затрат на тягу поезда.

Данный технический результат достигается за счет определения энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом для каждой координаты маршрута автономного железнодорожного подвижного состава: рассчитывается значение управляющего воздействия, с учетом потери мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования, таким образом, что бы суммарный расход энергии был минимален.

#### **Подробное описание изобретения**

Данное изобретение 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 изобретение может быть реализовано в виде распределенной компьютерной системы.

В данном изобретении 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 определённую 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 устройства хранения данных. В роли устройства хранения данных могут выступать, но, не ограничиваясь, жесткие диски (HDD), флэш-память, ПЗУ (постоянное запоминающее устройство), твердотельные накопители (SSD), оптические приводы.

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

Мощность автономного железнодорожного подвижного состава есть объём, выполненной автономным железнодорожным подвижным составом работы, отнесённый к потраченному на его выполнение времени. В основном определяют касательную мощность, которую развивают движущие колёса при реализации расчётной или длительной касательной силы тяги автономного железнодорожного подвижного состава.

Для электровозов и тепловозов различают мощность длительного режима (её локомотив может развивать в течение длительного периода времени) и мощность часового режима (её локомотив может развивать в течение часа, после чего за допустимые рамки выходит нагрев электрических машин).

При построении плана энергооптимального управления (каждой координате пути соответствует значение управляющего воздействия таким образом, что суммарный расход энергии будет минимален) автономного подвижного состава необходимо учитывать максимальную касательную мощность. Поскольку автономный подвижной состав не имеет неограниченного источника мощности (например, в виде контактной сети), то часть мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования, отнимается от общей мощности и не может быть преобразована в движение.

В данном изобретении эффект экономии энергии достигается тем, что для каждой координаты пути определяется значение касательной мощности

$$N^k(x) = F_k(x) \cdot v(x) / 3600 \text{ (КВт)},$$

где  $v(x)$  - скорость, в координате  $x$  (км/ч);

$F_k(x)$  - касательная сила тяги автономного железнодорожного подвижного состава в координате  $x$ ,

и,

таким образом, чтобы суммарный расход энергии был минимален:

$$\int_{x_0}^{x_k} F_k(x) dx \rightarrow \min \quad (1)$$

( $x_0$  - начальная координата маршрута;  $x_k$  - конечная координата маршрута).

Чем точнее известно максимальное значение  $N^k(x)$ , тем точнее возможно решить задачу (1).

При этом для каждой координаты пути, касательная мощность определяется разностью между общей мощностью и той мощностью, которая тратится на работу вспомогательного оборудования:

$$N^k(x) = N^{общ}(x) - N^{всп}(x) \quad (2),$$

где  $N^{общ}(x)$  - мощность автономного подвижного состава;

$N^{всп}(x)$  - часть мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования.

При этом общая мощность автономного подвижного состава ограничена:

$$N^{общ}(x) \leq N^{max}$$

Следовательно, чем точнее известно значение части мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования:  $N^{всп}(x)$ , тем точнее можно определить значение касательной мощности для каждой координаты пути, при котором суммарный расход энергии будет минимален.

В данном изобретении предполагается для каждой координаты маршрута определять  $N^{всп}(x)$ , затем для каждой координаты маршрута определять максимальную касательную мощность (по формуле (2)), затем решать задачу (1). При этом значение  $N^{всп}(x)$  может определяться для каждого устройства, потребляющего мощность, соответствующую его режиму работы и техническим характеристикам.

Например, мощность, потребляемая системой охлаждения двигателей зависит от температуры двигателей; мощность, потребляемая системой климат-контроля зависит от температуры в кабине машины.

Согласно изобретению способ энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом, включает следующие шаги:

Получают параметры автономного железнодорожного подвижного состава, включающие, по крайней мере, скорость, координату, значение управляющего воздействия.

Скорость и координаты автономного 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.

Значение управляющего воздействия может определяться, но, не ограничиваясь, измерителем мощности. Системы измерения могут быть различными, зависят от типа энергетической установки автономного железнодорожного подвижного состава.

Для каждой координаты пути определяют часть мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования, максимальную касательную мощность, энергооптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием автономного железнодорожного подвижного состава, на основании максимальной касательной мощности автономного железнодорожного подвижного состава, при котором касательная сила тяги автономного железнодорожного подвижного состава будет соответ-

ствовать условию

$$\int_{x_0}^{x_k} F_k(x) dx \rightarrow \min \quad (1)$$

( $x_0$  - начальная координата маршрута;  $x_k$  - конечная координата маршрута).

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

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

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом, при котором для каждой координаты пути

получают параметры автономного железнодорожного подвижного состава, включающие, по крайней мере, скорость, координату, значение управляющего воздействия, мощность автономного подвижного состава;

определяют часть  $F$  мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования;

определяют максимальную касательную мощность разностью между общей мощностью и той мощностью, которая тратится на работу вспомогательного оборудования;

определяют энергооптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием автономного железнодорожного подвижного состава, на основании ранее определенного значения максимальной касательной мощности автономного железнодорожного подвижного состава, при котором суммарный расход энергии будет минимален;

передают энергооптимальное управление, определенное на предыдущем шаге, в систему управления автономного железнодорожного подвижного состава для исполнения или отображения машинисту.

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

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

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

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

6. Способ по п.1, характеризующийся тем, что для вычисления максимальной касательной мощности автономного подвижного железнодорожного состава используется значение части мощности, которая тратится на работу вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава.

7. Способ по п.1, характеризующийся тем, что определяют момент времени начала отбора мощности автономного подвижного железнодорожного состава на работу вспомогательного оборудования.

8. Способ по п.1, характеризующийся тем, что определяют продолжительность отбора мощности автономного подвижного железнодорожного состава на работу вспомогательного оборудования.

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

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

11. Способ по п.6, характеризующийся тем, что в качестве вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава могут выступать системы охлаждения дизель-генераторов.

12. Способ по п.6, характеризующийся тем, что в качестве вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава могут выступать системы охлаждения тяговых двигателей.

13. Способ по п.6, характеризующийся тем, что в качестве вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава могут выступать системы охлаждения электронной системы управления автономного подвижного железнодорожного состава.

14. Способ по п.6, характеризующийся тем, что в качестве вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава могут выступать системы охлаждения компрессоров.

15. Способ по п.6, характеризующийся тем, что в качестве вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава могут выступать системы климат-контроля автономного железнодорожного подвижного состава.

16. Способ по п.6, характеризующийся тем, что в качестве вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава могут выступать компрессоры.

17. Способ по п.6, характеризующийся тем, что в качестве вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава могут выступать системы обогрева пассажирских вагонов.

18. Способ по п.6, характеризующийся тем, что в качестве вспомогательного оборудования автономного подвижного железнодорожного состава могут выступать системы энергоснабжения пассажирских вагонов.

19. Система энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом, 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.1-18.

20. Машиночитаемый носитель данных, содержащий исполняемые одним или более процессором машиночитаемые инструкции, которые при их исполнении реализуют выполнение способа энергооптимального управления автономным железнодорожным подвижным составом по любому из пп.1-18.

