



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012124894/11, 16.04.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.04.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:

19.05.2006 US 60/802,147;

09.01.2007 US 11/621,221

Номер и дата приоритета первоначальной заявки,
из которой данная заявка выделена:

2008110502 19.05.2006

(43) Дата публикации заявки: 20.12.2013 Бюл. № 35

(45) Опубликовано: 27.12.2016 Бюл. № 36

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: WO 2004/059446 A, 15.07.2004; WO
2004/059446 A, 15.07.2004; RU 2237589 C1,
10.10.2004; RU 2238869 C1, 27.10.2004; DE
19830053 C1, 18.11.1999; DE 19935353 A1,
01.02.2001.

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ДАУМ Вольфганг (US),

ХЕРШИ Джон Эрик (US),

ПЕЛЬТЦ Дэвид Майкл (US),

ШЭФФЕР Гленн Роберт (US),

НОФФСИНГЕР Джозеф Форест (US),

БОРНТРАЕГЕР Джон (US),

КУМАР Аджит (US)

(73) Патентообладатель(и):

ДЖЕНЕРАЛ ЭЛЕКТРИК КОМПАНИ
(US)(54) СИСТЕМА И СПОСОБ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПОЕЗДА С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ
ВАГОНА

(57) Реферат:

Техническое решение относится к области железнодорожной автоматики и телемеханики. В способе определяют параметр железнодорожного вагона, не являющегося локомотивом и подлежащего включению в поезд, создают план поездки поезда на основании указанного параметра в соответствии с эксплуатационными критериями поезда. Система включает центральный регулятор, систему измерения параметров вагона поезда, сеть связи, обеспечивающую связь между системой

измерения параметров и центральным регулятором. Причем центральный регулятор, выполнен с возможностью определения профиля состава поезда для всех железнодорожных вагонов в поезде или плана поездки для рейса поезда на основании параметра железнодорожного вагона, включающего в себя, по меньшей мере, осевую нагрузку вагона. Достигается повышение оптимизации работы поезда. 2 н. и 21 з.п. ф-лы, 12 ил.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2012124894/11, 16.04.2007**

(24) Effective date for property rights:
16.04.2007

Priority:

(30) Convention priority:
19.05.2006 US 60/802,147;
09.01.2007 US 11/621,221

Number and date of priority of the initial application,
from which the given application is allocated:
2008110502 19.05.2006

(43) Application published: **20.12.2013 Bull. № 35**

(45) Date of publication: **27.12.2016 Bull. № 36**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "JUrIdicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**DAUM Wolfgang (US),
KHERSHI Dzhon Erik (US),
PELTTS Devid Majkl (US),
SHEFFER Glenn Robert (US),
NOFFSINGER Dzhozef Forest (US),
BORNTRAEGER Dzhon (US),
KUMAR Adzhit (US)**

(73) Proprietor(s):

DZHENRAL ELEKTRIK KOMPANI (US)

(54) **SYSTEM AND METHOD FOR OPTIMIZING TRAIN OPERATIONS CONSIDERING RAIL CAR PARAMETERS**

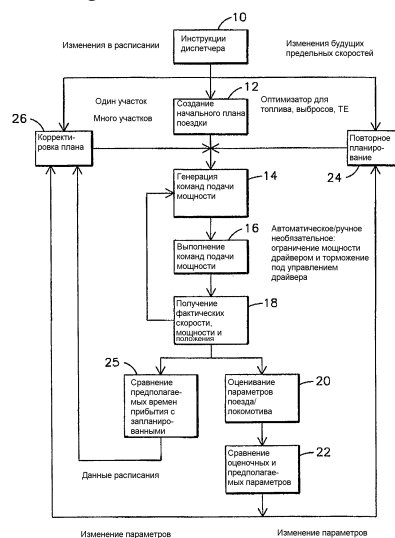
(57) Abstract:

FIELD: railway automatics.

SUBSTANCE: technical solution relates to railway automation and telemechanics. In the method it is determined a parameter of a rail car that is not a railroad engine, and that is to be included in a train, it is created a train trip plan based on the rail car parameter in accordance with operational criteria for the train. System comprises a central controller, a rail car parameter measurement system, communication network for allowing communications between the measurement system and the central controller. Wherein a rail car parameter measured and provided to the central controller which determines at least one of a train make up profile for all rail cars in the train and a trip plan for the train mission based on the rail car parameters, including at least axial load of a rail car.

EFFECT: increase in optimization of a train operations is achieved.

23 cl, 12 dwg



ФИГ.1

Область применения изобретения относится к железнодорожному транспорту и, в частности, к определению параметров вагона для использования при оптимизации работы поезда.

5 Локомотив является сложной системой с многочисленными подсистемами, причем каждая подсистема взаимосвязана с другими подсистемами. Машинист находится на локомотиве, чтобы обеспечивать правильную работу локомотива и связанную с ней
10 нагрузку грузовых вагонов. Помимо обеспечения правильной работы локомотива, машинист также отвечает за определение рабочих скоростей поезда и за ограничение сил приемлемыми значениями в поезде, часть которого составляют локомотивы. Для
15 осуществления этой функции машинист, в общем случае, должен иметь большой опыт вождения локомотива по указанной местности с различными вагонными сцепками. Эта информация должна согласоваться с прогнозируемыми рабочими скоростями, которые могут изменяться с изменением положения поезда вдоль пути. Кроме того, машинист также отвечает за то, чтобы внутripоездные силы оставались в допустимых пределах.

Сортировочные станции являются узлами железнодорожных транспортных систем. На сортировочной станции осуществляются разнообразные операции, например отправка, обмен и получение грузов, хранение и обслуживание локомотивов, комплектование и инспекция новых поездов, обслуживание транзитных поездов,
20 инспекция и обслуживание вагонов и хранение вагонов. Различным службам на сортировочной станции одновременно требуются ресурсы, например персонал, оборудование и место в различных помещениях, поэтому обеспечение эффективной работы всей сортировочной станции является сложной задачей.

Комплектование новых поездов обычно предусматривает комплектование на
25 основании времени, когда поезд должен прибыть в данный пункт назначения, а также движущей силы, доступной для данного поезда. Обычно при комплектовании поезда размещение вагонов в поезде производится в произвольном порядке. В частности, размещение вагонов не осуществляется на основании порядка, который может быть оптимальным для работы поезда. Оптимизацию движения поезда можно улучшить,
30 располагая такой информацией, как вес вагона, нагрузка, осевые, поперечные и/или вертикальные силы, действующие на колеса. Этот тип информации может способствовать оптимизации определенных аспектов работы поезда, в порядке примера, но не ограничения, оптимизации расхода топлива/скорости для ускорения, замедления, улучшения обслуживания поездов с распределенной подачей мощности или поездов
35 без распределения мощности, и/или снижения выбросов.

Существует постоянная необходимость в усовершенствовании процесса комплектования поездов и улучшении рабочих параметров локомотива поезда для сокращения расходов топлива и времени транзита по дороге. Один раскрытый здесь
40 подход предполагает использовать параметры вагона при формировании поезда. Иллюстративный вариант осуществления настоящего изобретения раскрывает систему, способ и компьютерный программный код для определения параметров вагона для использования при оптимизации работы поезда. С этой целью способ оптимизации работы поезда включает в себя этап, на котором определяют параметр вагона для, по
45 меньшей мере, одного вагона, подлежащего включению в поезд. На другом этапе создают план поездки поезда на основании параметра вагона в соответствии с, по меньшей мере, одним эксплуатационным критерием для поезда.

Согласно другому иллюстративному варианту осуществления раскрыт компьютерный программный код для использования в процессоре для оптимизации работы поезда.

Компьютерный программный код включает в себя компьютерный программный модуль для определения параметра вагона для, по меньшей мере, одного вагона поезда. Другой компьютерный программный модуль предназначен для создания плана поездки поезда на основании параметра вагона в соответствии с, по меньшей мере, одним эксплуатационным критерием для поезда.

Также раскрыта система для оптимизации работы поезда путем определения параметров вагона. Система включает в себя систему измерения параметров вагона. Также раскрыт центральный регулятор (или контроллер). Дополнительно включена сеть связи, обеспечивающая связь между измерительной системой и центральным регулятором. Параметр вагона измеряется и поступает на центральный регулятор, который определяет профиль состава поезда для всех вагонов в поезде и/или план поездки для рейса поезда на основании параметров вагона.

Более конкретное описание вариантов осуществления настоящего изобретения приведено посредством ссылки на конкретные варианты его осуществления, которые показаны на прилагаемых чертежах. С учетом того, что эти чертежи иллюстрируют лишь типичные варианты осуществления настоящего изобретения и поэтому не призваны ограничивать его объем, изобретение будет описано и объяснено с дополнительной конкретизацией и детализацией с использованием прилагаемых чертежей, на которых:

фиг.1 - иллюстративная логическая блок-схема одного варианта осуществления

настоящего изобретения;

фиг.2 - упрощенная используемая модель поезда;

фиг.3 - иллюстративный вариант осуществления элементов настоящего изобретения;

фиг.4 - иллюстративный вариант осуществления кривой расхода топлива/времени движения;

фиг.5 - иллюстративный вариант осуществления разбиения на участки для планирования поездки;

фиг.6 - иллюстративный вариант осуществления примера разбиения;

фиг.7 - иллюстративная логическая блок-схема одного варианта осуществления настоящего изобретения;

фиг.8 - иллюстрация динамического дисплея для использования машинистом;

фиг.9 - другая иллюстрация динамического дисплея для использования машинистом;

фиг.10 - еще одна иллюстрация динамического дисплея для использования машинистом;

фиг.11 - схема системы для автоматического определения параметров вагона, используемых для улучшения работы поезда; и

фиг.12 - логическая блок-схема способа автоматического определения параметров вагона, используемых для улучшения работы поезда.

Иллюстративные варианты осуществления настоящего изобретения решают проблемы, свойственные уровню техники, за счет обеспечения системы, способа и компьютерного программного кода для определения параметров вагона, используемых для улучшения работы поезда. Специалистам в данной области техники очевидно, что устройство, например система обработки данных, включающее в себя ЦП, память, устройство ввода/вывода, хранилище программ, шину обмена данными и другие необходимые компоненты, можно запрограммировать или иначе приспособить для реализации способа согласно вариантам осуществления настоящего изобретения. Такая система включает в себя соответствующее программное средство для выполнения способов согласно этим вариантам осуществления.

В широком смысле изобретение позволяет определять параметры вагона и

использовать эти параметры для улучшения работы поезда. Изобретение описано в общем контексте компьютерно-выполняемых команд, например программных модулей, выполняемых компьютером. В общем случае программные модули включают в себя процедуры, программы, объекты, компоненты, структуры данных и т.д., которые
5 выполняют конкретные задачи или реализуют те или иные абстрактные типы данных. Например, программное обеспечение, лежащее в основе иллюстративных вариантов осуществления настоящего изобретения, может быть написано на разных языках, для использования с разными платформами обработки данных. Однако очевидно, что
10 принципы, лежащие в основе иллюстративных вариантов осуществления настоящего изобретения, можно реализовать посредством других типов компьютерного программного обеспечения.

Кроме того, специалистам в данной области техники очевидно, что варианты осуществления изобретения можно осуществлять на практике с другими конфигурациями компьютерной системы, включающими в себя карманные устройства,
15 многопроцессорные системы, бытовую электронику на базе микропроцессора или с возможностью программирования, миникомпьютеры, универсальные компьютеры и пр. Варианты осуществления также можно осуществлять на практике в распределенной вычислительной среде, где задания выполняются удаленными устройствами обработки, которые связаны друг с другом сетью связи. В распределенной вычислительной среде
20 программные модули могут размещаться как на локальных, так и на удаленных компьютерных носителях, включающих в себя запоминающие устройства.

Кроме того, изделие производства, например записанный диск или другой аналогичный компьютерный программный продукт для использования с системой обработки данных включает в себя носитель данных и записанную на нем программу,
25 предписывающую системе обработки данных выполнять способы настоящего изобретения. Такие устройство и изделия производства также отвечают сущности и объему настоящего изобретения.

В этом документе используется термин локомотивная сцепка. Термин локомотивная сцепка означает один или несколько локомотивов подряд, соединенных друг с другом
30 для обеспечения движущей и/или тормозящей способности. Локомотивы соединены друг с другом так, что между локомотивами нет вагонов поезда. Поезд может содержать одну или несколько локомотивных сцепок. В частности, может иметь место головная сцепка и одна или несколько удаленных сцепок, например первая удаленная сцепка посередине последовательности вагонов и другая удаленная сцепка в хвосте поезда.
35 Каждая локомотивная сцепка может иметь первый или головной локомотив и один или несколько хвостовых локомотивов. Хотя первый локомотив обычно рассматривается как головной локомотив, специалистам в данной области техники очевидно, что первый локомотив в многолокомотивной сцепке может физически размещаться в физически задней позиции. Хотя локомотивная сцепка обычно
40 рассматривается как последовательные локомотивы, специалистам в данной области техники очевидно, что группу локомотивов также можно считать сцепкой даже при наличии, по меньшей мере, одного вагона, разделяющего локомотивы, например, когда локомотивная сцепка предназначена для работы в режиме распределенной подачи мощности, в котором команды ускорения и торможения передаются от головного
45 локомотива на удаленные локомотивы по каналу радиосвязи или физическому кабелю. По этой причине термин локомотивная сцепка не следует считать ограничивающим фактором при рассмотрении множественных локомотивов в одном и том же поезде.

Перейдем к описанию вариантов осуществления настоящего изобретения со ссылкой

на чертежи. Варианты осуществления изобретения можно реализовать по-разному, в том числе в виде системы (включающей в себя компьютерную систему обработки), способа (включающего в себя компьютеризированный способ), устройства, компьютерно-считываемого носителя, компьютерного программного продукта, графического интерфейса пользователя, включающего в себя веб-портал или структуру данных, физически воплощенного в компьютерно-считываемой памяти. Ниже рассмотрено несколько вариантов осуществления настоящего изобретения.

На фиг.1 представлена иллюстративная логическая блок-схема настоящего изобретения. Показано, что инструкции поступают в соответствии с планированием поездки либо на борту, либо из удаленного положения, например диспетчерского центра 10. Такая входная информация включает в себя, но без ограничения, положение поезда, состав сцепки (например, модели локомотивов), характеристику тяговой мощности локомотива для передачи тяги локомотива, расход топлива как функцию выходной мощности, характеристики охлаждения, назначенный маршрут поездки (эффективный уклон пути и кривизна как функция железнодорожного знака или компонент "эффективного уклона", отражающий кривизну, согласно стандартным железнодорожным принципам), состав и нагрузку вагонов (включая эффективные коэффициенты сопротивления), нужные параметры движения, включающие в себя, но без ограничения, начальное время и положение, конечное положение, время движения, идентификацию бригады (пользователя и/или машиниста), время истечения рабочей смены и маршрут поездки.

Эти данные могут поступать на локомотив 42 согласно различным методам и процессам в порядке примера, но не ограничения, посредством ручного ввода машиниста в локомотив 42 через бортовой дисплей, обращения к устройству хранения данных, например ПЗУ, жесткому диску и/или флэш-карте или передачи информации по беспроводному каналу связи из центрального или придорожного положения 41, например путевого сигнального устройства и/или придорожного устройства, на локомотив 42. Характеристики нагрузки локомотива 42 и поезда 31 (например, сопротивление) также могут изменяться на протяжении маршрута (например, в зависимости от высоты, температуры воздуха и состояния рельсов и вагонов), что приводит к обновлению плана, отражающему такие изменения согласно любым рассмотренным выше способам. Обновленные данные, которые влияют на процесс оптимизации движения, могут поступать согласно любым описанным выше способам и методам и/или посредством автономного сбора данных состояния локомотива/поезда в реальном времени. Такие обновления включают в себя, например, изменения характеристик локомотива или поезда, зарегистрированные оборудованием мониторинга на локомотиве 42 или вне его.

Путевая сигнальная система определяет допустимую скорость поезда. Существует много типов путевых сигнальных систем и правил эксплуатации, связанных с каждым из сигналов. Например, некоторые сигналы имеют единичный свет (включаемый/отключаемый), некоторые сигналы имеют единичную линзу с множественными цветами и некоторые сигналы имеют множественные световые сигналы и цвета. Эти сигналы могут указывать, что путь свободен и что поезд может следовать на максимальной допустимой скорости. Они также могут указывать необходимость снижения скорости или остановки. Это снижение скорости может быть необходимо осуществлять незамедлительно или в определенном положении (например, до следующего сигнала или пересечения).

Состояние сигнала передается на поезд и/или машинисту различными средствами.

Некоторые системы имеют схемы на пути и воспринимающие катушки индуктивности на локомотивах. Другие системы имеют беспроводные системы связи. Сигнальные системы также могут требовать, чтобы машинист визуально наблюдал сигнал и предпринимал соответствующие действия.

- 5 Сигнальная система может взаимодействовать с бортовой сигнальной системой и регулировать скорость локомотива согласно вводам и соответствующим правилам эксплуатации. Для сигнальных систем, требующих, чтобы машинист визуально наблюдал состояние сигнала, на экране машиниста представлены соответствующие варианты сигнала, которые машинист должен вводить на основании положения поезда. Тип
10 сигнальных систем и правил эксплуатации, как функция положения, может храниться в бортовой базе данных 63.

- На основании данных спецификации, вводимых в иллюстративный вариант осуществления настоящего изобретения, вычисляется оптимальный план, который минимизирует расход топлива и/или генерацию выбросов с учетом предельной скорости
15 вдоль маршрута и нужных начального и конечного времени для создания профиля поездки 12. Профиль содержит регулировки оптимальной скорости и мощности (позиции регулятора), которым должен следовать поезд, выраженные как функция расстояния и/или времени от начала движения, эксплуатационные ограничения поезда, включающие в себя, но без ограничения, регулировки максимальной мощности в соответствии с
20 позицией регулятора и торможения, предельные скорости как функция положения и предполагаемые расход топлива и генерацию выбросов. Согласно иллюстративному варианту осуществления значение позиции регулятора выбирается для получения решения на переключение регулятора примерно через каждые 10-30 секунд. Специалистам в данной области техники очевидно, что решения на переключение
25 регулятора можно получать с более длинными или более короткими интервалами, если необходимо и/или желательно следовать оптимальному профилю скорости. В более широком смысле специалистам в данной области техники очевидно, что профили обеспечивают регулировки мощности для поезда, на уровне поездов на уровне сцепок и/или на уровне отдельных локомотивов. Используемое здесь понятие мощности
30 содержит тормозную мощность, движущую мощность и мощность пневматических тормозов. Согласно другому предпочтительному варианту осуществления вместо работы с традиционными дискретными позициями регулятора мощности настоящее изобретение определяет нужную регулировку мощности из непрерывного диапазона регулировок мощности для оптимизации профиля скорости. Таким образом, например,
35 если оптимальный профиль указывает позицию регулятора 6.8 вместо позиции регулятора 7, локомотив 42 работает на 6.8. Благодаря таким промежуточным регулировкам мощности можно обеспечить дополнительный выигрыш в эффективности, как будет описано далее.

- Процедура вычисления оптимального профиля может включать в себя разнообразные
40 способы расчета последовательности подачи мощности, которая движет поезд 31, для минимизации расхода топлива и/или выбросов при условии эксплуатационных ограничений и ограничений, налагаемых расписанием, для локомотива, которые приведены ниже. В ряде случаев оптимальный профиль может быть, по существу, аналогичен ранее определенному профилю в силу схожести конфигураций поезда,
45 маршрута и условий окружающей среды. В этих случаях может быть достаточно извлечь предварительно определенный режим управления из базы данных 63 и управлять поездом в соответствии с ним. В отсутствие предыдущего плана, способы вычисления нового плана включают в себя, но без ограничения, прямое вычисление оптимального

профиля с использованием моделей на основе дифференциальных уравнений, которые аппроксимируют физику движения поезда. Согласно этому процессу определяется количественная целевая функция, причем функция обычно содержит взвешенную сумму (интеграл) модельных переменных, которые соответствуют скорости расхода топлива и генерации выбросов плюс член, наказывающий за чрезмерное переключение регулятора.

Формула оптимального управления устанавливается для минимизации количественной целевой функции при условии ограничений, включающих в себя, но без ограничения, регулировки предельной скорости и минимальной и максимальной мощности (положения регулятора). В зависимости от задач планирования в любое время задача может ставиться гибко, чтобы минимизировать топливо при условии ограничений на выбросы и предельные скорости или чтобы минимизировать выбросы, при условии ограничений на расход топлива и время прибытия. Можно также поставить целью, например, минимизировать суммарное время движения без ограничений на совокупные выбросы или расход топлива, когда такое смягчение ограничений разрешено или необходимо для рейса.

В этом документе представлены иллюстративные уравнения и целевые функции для минимизации расхода топлива локомотива. Эти уравнения и функции приведены исключительно в порядке примера, поскольку другие уравнения и целевые функции можно применять для оптимизации расхода топлива или для оптимизации других рабочих параметров локомотива/поезда.

Математически задачу, подлежащую решению, можно поставить более точно. Основные физические процессы выражаются следующим образом:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= v; x(0) = 0.0; x(T_f) = D \\ \frac{dv}{dt} &= T_e(u, v) - G_a(x) - R(v); v(0) = 0.0; v(T_f) = 0.0\end{aligned}$$

где x - положение поезда, v - скорость поезда, t - время (в милях, милях в час и минутах или часах, соответственно) и u - входная команда позиции регулятора (мощности). Кроме того, D обозначает расстояние, которое необходимо преодолеть, T_f - нужное время прибытия на расстоянии D вдоль пути, T_e - тяговое усилие, развиваемое локомотивной сцепкой, G_a - гравитационное сопротивление, которое зависит от длины поезда, состава поезда и местности, в которой находится поезд, и R - чистое сопротивление, зависящее от скорости, комбинации локомотивной сцепки и поезда. Также можно задать начальную и конечную скорости, но без потери общности, здесь они заданы равными нулю (поезд стоит в начале и конце поездки). Модель легко модифицировать, включая в нее другие динамические факторы, например задержку между переключением регулятора, u , изменением тягового или тормозящего усилия. С использованием этой модели устанавливается формула оптимального управления для минимизации количественной целевой функции при условии ограничений, включающих в себя, но без ограничения, предельные скорости и минимальную и максимальную регулировки мощности (положения регулятора). В зависимости от задачи планирования в любое время задача может быть задана гибко для минимизации расхода топлива при условии ограничений на выбросы и предельных скоростей или для минимизации выбросов, при условии ограничений на расход топлива и время прибытия.

Также можно задать целью, например, минимизацию суммарного времени движения

без ограничений на совокупные выбросы или расход топлива в случае, когда такое ослабление ограничений разрешено или необходимо для рейса. Все эти рабочие характеристики можно выразить как линейную комбинацию любых из следующих величин:

$$5 \quad \min_{u(t)} \int_0^{T_f} F(u(t)) dt \quad (1) - \text{Минимизация суммарного расхода топлива}$$

$$\min_{u(t)} T_f - \text{Минимизация времени движения}$$

$$10 \quad \min_{u_i} \sum_{i=2}^{n_d} (u_i - u_{i-1})^2 - \text{Минимизация переключения регулятора (кусочно-постоянный ввод)}$$

$$\min_{u(t)} \int_0^{T_f} (du / dt)^2 dt - \text{Минимизация переключения регулятора (непрерывный ввод)}$$

15 Замена топливного члена $F(\cdot)$ в (1) членом, соответствующим выработке выбросов.

Например, для выбросов $\min_{u(t)} \int_0^{T_f} E(u(t)) dt$ - минимизация совокупных выбросов. В этом

уравнении E - количество выбросов в граммах на лошадиную силу-час (г/л.с.-ч) для каждой позиции регулятора (или регулировки мощности). Кроме того, можно

20 производить минимизацию взвешенной суммы топлива и выбросов.

Таким образом, широко используемая иллюстративная целевая функция имеет вид

$$\min_{u(t)} \alpha_1 \int_0^{T_f} F(u(t)) dt + \alpha_3 T_f + \alpha_2 \int_0^{T_f} (du / dt)^2 dt \quad (\text{OP})$$

25 Коэффициенты линейной комбинации зависят от важности (веса), присвоенной каждому члену. Заметим, что в уравнении (OP) $u(t)$ - оптимизирующая переменная, т.е. непрерывная позиция регулятора. Если требуется дискретная позиция регулятора, например для более старых локомотивов, решение уравнения (OP) дискретизируется, что может приводить к снижению экономии топлива. Отыскание решения минимального

30 времени (α_1 задан равным нулю и α_2 задан равным нулю или относительно малой величиной) используется для нахождения нижней границы достижимого времени движения ($T_f = T_{\text{fmin}}$). В этом случае $u(t)$ и T_f являются оптимизирующими переменными. Предпочтительный вариант осуществления предусматривает решение уравнения (OP) для различных значений T_f при $T_f > T_{\text{fmin}}$ с α_3 , заданным равным нулю. В этом последнем

35 случае T_f рассматривается как ограничение.

Для тех, кто знаком с решениями таких задач оптимизации, могут потребоваться граничные условия, например, для предельной скорости вдоль пути:

$$0 \leq v \leq SL(x)$$

40 или, если целью является достижение минимального времени, должно выполняться граничное условие, например, полный расход топлива должен быть меньше объема топливного бака, например, в виде:

$$45 \quad 0 < \int_0^{T_f} F(u(t)) dt \leq W_F$$

где W_F - топливо, оставшееся в баке на момент T_f . Специалистам в данной области техники очевидно, что уравнение (OP) можно представить в других формах и что вышеприведенная версия является иллюстративным уравнением для использования

согласно вариантам осуществления настоящего изобретения.

Под выбросами в контексте настоящего изобретения в общем случае подразумевается совокупная генерация выбросов в различных формах. Например, требования к выбросам могут задавать максимальное значение выбросов оксида азота (NO_x), выбросов

углеводородов (НС), выбросов оксида углерода (CO_x) и/или выбросов твердых частиц (РМ). Другие ограничения по выбросам могут включать в себя максимальное значение электромагнитного излучения, например предельный выход радиочастотной (RF) мощности, измеряемый в ваттах, на соответствующих частотах, излучаемых локомотивом. Еще одной формой выбросов является шум, производимый локомотивом, обычно измеряемый в децибелах (дБ). Требования к выбросам могут изменяться в зависимости от времени суток, времени года и/или атмосферных условий, например, погоды или уровня загрязненности атмосферы. Известно, что требования к выбросам могут изменяться географически по железнодорожной системе. Например, рабочая область, например, город или штат могут иметь указанные требования к выбросам, и соседняя рабочая область может иметь другие требования к выбросам, например меньшее количество допустимых выбросов или более высокую плату, взимаемую за данный уровень выбросов. Соответственно, профиль выбросов для определенной географической области можно регулировать так, чтобы он включал в себя максимальные значения выбросов для каждого вида выбросов, подчиняющегося законодательству, включенного в профиль для удовлетворения заранее определенным требованиям к выбросам, установленным в этой области. Обычно для локомотива эти параметры выбросов определяются мощностью (позицией регулятора), условиями окружающей среды, способом управления двигателем и т.д.

Конструкция каждого локомотива должна соответствовать стандартам выбросов ЕРА для выбросов, определяемых торможением, и, таким образом, при оптимизации выбросов согласно иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения это будут совокупные выбросы рейса, на которые в настоящее время нет технических условий. Работа локомотива согласно оптимизированному плану поездки в любое время согласуется со стандартами выбросов ЕРА. Если основной задачей в ходе поездки является сокращение выбросов, формула оптимального управления, уравнение (ОР), видоизменяется с учетом этого требования к поездке. Принципиальная изменчивость процесса оптимизации состоит в том, что любые или все требования к поездке могут изменяться в зависимости от географической области или рейса. Например, для поезда с высоким приоритетом, минимальное время может быть единственным требованием на одном маршруте в силу приоритета поезда. В другом примере выбросы могут изменяться от состояния к состоянию вдоль запланированного маршрута поезда.

Для решения результирующей задачи оптимизации, согласно иллюстративному варианту осуществления, настоящее изобретение предусматривает преобразование динамической задачи оптимизации управления во временном измерении в эквивалентную статическую задачу математического программирования с N -искомыми переменными, где число ' N ' зависит от частоты, с которой перемещают рычаги регулятора и тормоза, и от продолжительности поездки. Для типичных задач N может составлять тысячи. Согласно иллюстративному варианту осуществления поезд движется по 172-мильному участку пути на юго-западе США. С использованием настоящего изобретения можно реализовать иллюстративную 7,6% экономию расхода топлива по сравнению с поездкой, определенной и выполняемой согласно аспектам настоящего изобретения, в отличие от поездки, где положение регулятора/скорость определяет машинист согласно стандартной практике. Повышенная экономия реализуется благодаря оптимизации,

достигаемой с использованием иллюстративного варианта осуществления настоящего изобретения, который позволяет вырабатывать стратегию управления, отличающуюся как более низкими потерями на сопротивление, так и малыми или отсутствующими потерями на торможение по сравнению с планом поездки машиниста.

5 Чтобы сделать вышеописанную оптимизацию вычислительно пригодной, можно применять упрощенную модель поезда, например, показанную на фиг.2 и представленную рассмотренными выше уравнениями. Принципиальное улучшение оптимального профиля достигается за счет вывода более подробной модели с генерацией оптимальной последовательностью подачи мощности для проверки, нарушаются ли
10 какие-либо тепловые, электрические и механические ограничения, что приводит к изменению профиля скорости в зависимости от расстояния, которому можно следовать, которого можно добиться без повреждения оборудования локомотива или поезда, т.е. удовлетворяя дополнительно налагаемым ограничениям, например тепловым или электрическим ограничениям на локомотив и внутripоездные силы.

15 Согласно фиг.1, когда поездка начинается 12, команды подачи мощности генерируются 14 для начала исполнения плана. В зависимости от рабочих настроек иллюстративного варианта осуществления настоящего изобретения одна команда предписывает локомотиву выполнять оптимизированную команду подачи мощности 16 для достижения оптимальной скорости. Один вариант осуществления
20 предусматривает получение информации фактической скорости и мощности от локомотивной сцепки поезда 18. В силу общих приближений в моделях, используемых для оптимизации, получается вычисление по замкнутому циклу корректировок оптимизированной мощности для следования нужной оптимальной скорости. Такие корректировки эксплуатационных ограничений поезда могут производиться

25 автоматически или машинистом, который всегда имеет полный контроль над поездом. В ряде случаев модель, используемая для оптимизации, может значительно отличаться от фактического поезда. Это может происходить по многим причинам, включая, но без ограничения, дополнительные погрузочно-разгрузочные операции, поломки локомотивов в пути, ошибки в первоначальной базе данных 63 и ошибки машиниста
30 при вводе данных. По этим причинам система мониторинга использует данные поезда в реальном времени для оценивания параметров локомотива и/или поезда в реальном времени 20. Оцененные параметры сравниваются с предполагаемыми параметрами при первоначальном создании 22 поездки. На основании любых различий между предполагаемыми и оцененными значениями, поезду можно повторно планировать 24. Обычно поездка повторно планируется, если новый план позволяет обеспечить
35 значительную экономию.

Другие причины, почему поездка может быть повторно запланирована, включают в себя директивы из удаленного положения, например от диспетчера, и/или запрос машиниста на изменение требований в соответствии с глобальными задачами
40 планирования движения. Такие глобальные задачи планирования движения могут включать в себя, но без ограничения, графики других поездов, время, необходимое на рассеяние выхлопных газов в туннеле, операции обслуживания и т.д. Еще одной причиной может быть отказ бортового компонента. Стратегии повторного планирования можно группировать в возрастающие и основные корректировки в
45 зависимости от серьезности нарушения, что рассмотрено более подробно ниже. В общем случае, "новый" план нужно выводить из вышеописанного решения задачи оптимизации уравнения (OP), но зачастую можно находить более быстрые приближенные решения, которые описаны здесь.

В ходе работы локомотив 42 непрерывно отслеживает эффективность системы и непрерывно обновляет план поездки на основании фактической измеренной эффективности всякий раз, когда такое обновление повышает характеристики поездки. Расчеты повторного планирования можно производить целиком на локомотиве, или
 5 полностью, или частично в удаленном положении, например в диспетчерской службе или придорожных устройствах обработки, где беспроводная технология позволяет передавать новый план на локомотив 42. Один вариант осуществления настоящего изобретения также предполагает генерацию тенденций эффективности для генерации данных локомотивного парка, касающихся функций переноса эффективности. Данные,
 10 относящиеся к парку, можно использовать при определении первоначального плана поездки и можно использовать для компромиссной оптимизации в масштабе сети с учетом положений совокупности поездов. Например, компромиссная кривая - время движения/расход топлива, показанная на фиг.4, отражает возможности поезда на конкретном маршруте в данное время, обновленные относительно средних по ансамблю,
 15 собранных из многочисленных аналогичных поездов на том же маршруте. Таким образом, центральная диспетчерская служба, собирающая кривые наподобие показанной на фиг.4, от многочисленных локомотивов, может использовать эту информацию для улучшения координации движения всех поездов для достижения преимущества в расходе топлива или пропускной способности в масштабе системы.

Многие события в каждодневной работе могут приводить к необходимости создавать или изменять существующий план, когда желательно сохранять одни и те же требования к поездке, на случай, когда поезд отклоняется от расписания для запланированной встречи или обхода с другим поездом, и для этого требуется выделять время. С использованием фактических скорости, мощности и положения локомотива,
 20 запланированное время прибытия сравнивается с оцененным на данный момент (прогнозируемым) временем 25 прибытия. На основании разницы во времени, а также различия в параметрах (регистрируемых или изменяемых диспетчером или машинистом) план корректируется 26. Эта корректировка может производиться автоматически на основании политики железнодорожной компании по обработке отступлений от плана или вручную, когда машинист поезда и диспетчер совместно ищут наилучший подход
 30 к возвращению к плану. Всякий раз, когда план обновляется, но при этом исходные требования, в порядке примера, но не ограничения, время прибытия, остаются неизменными, дополнительные изменения одновременно можно учитывать например, новые будущие изменения предельной скорости, которые повлияют на возможность
 35 возвращения к исходному плану. В таких случаях, если исходный план поездки невозможно поддерживать, или, иными словами, поезд не способен отвечать требованиям исходного плана поездки, согласно приведенному здесь рассмотрению, машинисту, удаленной службе и/или диспетчеру можно представить другой план поездки.

Повторное планирование также можно производить, когда желательно изменить
 40 исходные требования. Такое повторное планирование можно осуществлять в определенные моменты времени для повторного планирования, вручную по решению машиниста или диспетчера, или автономно, в случае превышения заданных пределов, например эксплуатационных ограничений поезда. Например, если выполнение текущего плана опаздывает свыше указанного порога, например тридцати минут, один вариант
 45 осуществления настоящего изобретения предусматривает повторное планирование поездки для компенсации задержки ценой увеличения расхода топлива, как описано выше, либо для оповещения машиниста и диспетчера, в какой степени потерянное время можно наверстать, если вообще это возможно (т.е. каково оставшееся минимальное

время или максимальное количество топлива, которое можно сэкономить при временном ограничении). Другие условия для осуществления повторного планирования также можно предусмотреть на основании расхода топлива или работоспособности тяговой сцепки, включающей в себя, но без ограничения, время прибытия, потерю мощности вследствие отказа оборудования и/или временного сбоя в работе оборудования (например, чрезмерного повышения или понижения рабочей температуры), и/или обнаружения грубых ошибок в настройках, например в расчетной нагрузке поезда. Таким образом, если изменение отражает ухудшение работы локомотива в текущей поездке, их можно вносить в модели и/или уравнения, используемые в процессе оптимизации.

Изменение требований к плану также может быть обусловлено необходимостью координировать события, когда план для одного поезда снижает способность другого поезда отвечать требованиям и требуется принятие решения на другом уровне, например в диспетчерском центре. Например, координацию встреч и обходов можно дополнительно усовершенствовать за счет связи между поездами. Таким образом, например, если машинист знает, что он отстает от расписания в достижении положения встречи и/или обхода, передачи с другого поезда могут консультировать машиниста опаздывающего поезда (и/или диспетчера). Машинист может вводить информацию, относящуюся к ожидаемой задержке прибытия для повторного вычисления плана поездки поезда. Иллюстративный вариант осуществления также можно использовать на высоком уровне или на уровне сети, чтобы диспетчер мог определить, какой поезд должен снизить или повысить скорость в случае, когда запланированное ограничение времени встречи и/или обхода не может быть выполнено. Согласно приведенному здесь рассмотрению это осуществляется за счет того, что поезда передают данные диспетчеру для принятия решения, как каждый поезд должен изменить свою задачу планирования. Выбор можно делать либо на основании расписания, либо экономии топлива, в зависимости от ситуации.

Для любого повторного планирования, инициируемого вручную или автоматически, иллюстративные варианты осуществления настоящего изобретения могут представлять машинисту более одного плана поездки. Согласно иллюстративному варианту осуществления настоящее изобретение представляет машинисту разные профили, позволяя машинисту выбирать время прибытия, а также понимать соответствующее влияние топлива и/или выбросов. Такая информация также может предоставляться диспетчеру по аналогичным соображениям либо в виде простого списка альтернатив, либо в виде совокупности компромиссных кривых, например, показанных на фиг.4.

Согласно одному варианту осуществления настоящее изобретение включает в себя способность обучаться и адаптироваться к основным изменениям в поезде и тяговой сцепке, которые могут включаться либо в текущий план и/или в будущие планы. Например, одним из рассмотренных выше инициирующих условий является потеря мощности. При нарастании мощности со временем, либо после потери мощности, либо в начале движения, используется логика переходов для определения, когда будет достигнута нужная мощность. Эта информация может сохраняться в базе данных локомотива для использования при оптимизации либо будущих поездок, либо текущей поездки, если потеря мощности произойдет позже.

На фиг.3 показан иллюстративный вариант осуществления элементов настоящего изобретения. Локационный элемент 30 определяет положение поезда 31. Локационный элемент 30 содержит датчик или систему датчиков GPS, которые определяют положение поезда 31. Примеры таких других систем могут включать в себя, но без ограничения,

придорожные устройства, например метки радиочастотной автоматической идентификации оборудования (RF AEI), диспетчер и/или определения на основе видеозаписи. Другая система может использовать тахометр(ы) на локомотиве и вычисления расстояния от опорной точки. Согласно вышеприведенному рассмотрению, может быть обеспечена система беспроводной связи 47 для осуществления связи между поездами и/или с удаленным положением, например диспетчером. Информация о положении поезда также может передаваться с других поездов по системе связи.

Элемент 33 описания пути обеспечивает информацию о пути, в основном информацию уклона, возвышения и кривизны. Элемент 33 описания пути может включать в себя бортовую базу 36 данных целостности пути. Датчики 38 измеряют тяговое усилие 40, развиваемое локомотивной сцепкой 42, положение рукоятки регулятора локомотивной сцепки 42, информацию конфигурации локомотивной сцепки 42, скорость локомотивной сцепки 42, конфигурацию отдельных локомотивов, возможности отдельных локомотивов и т.д. Согласно иллюстративному варианту осуществления информация конфигурации локомотивной сцепки 42 может загружаться без использования датчика 38, но вводится иными средствами, как рассмотрено выше. Кроме того, можно учитывать работоспособность локомотивов в сцепке. Например, если один локомотив в сцепке не способен развивать мощность выше 5 позиции регулятора, эта информация используется при оптимизации плана поездки.

Информацию от локационного элемента также можно использовать для определения надлежащего времени прибытия поезда 31. Например, если имеется поезд 31, движущийся вдоль пути 34 к пункту назначения, и позади него нет поездов, и поезд не имеет фиксированного предельного времени прибытия, локационный элемент, включающий в себя, но без ограничения, метки радиочастотной автоматической идентификации оборудования (RF AEI), диспетчер и/или определения на основе видеозаписи, можно использовать для определения точного положения поезда 31. Кроме того, вводы из этих сигнальных систем можно использовать для корректировки скорости поезда. Используя бортовую базу данных целостности пути, рассмотренную ниже, и локационный элемент, например GPS, один вариант осуществления настоящего изобретения корректирует интерфейс машиниста, чтобы он отражал состояние сигнальной системы при данном положении локомотива. В случае, когда состояния сигнала указывают недопустимые скорости впереди, планировщик может выбрать замедление поезда для экономии расхода топлива.

Информацию от локационного элемента 30 также можно использовать для изменения задач планирования как функции расстояния до пункта назначения. Например, вследствие неизбежных неопределенностей в отношении затора вдоль маршрута "более быстрые" требования к времени на ранней части маршрута можно применять в качестве защиты от задержек, которые статистически происходят позже. Если в конкретной поездке таких задержек не происходит, требования к более поздней части маршрута можно изменить, чтобы использовать естественный зазор по времени, который накопился ранее, и, таким образом, получить некоторую экономию топлива. Аналогичную стратегию можно применять в отношении требований к ограничению выбросов, например, ограничениям выбросов, которые применяются при приближении к городской области.

В качестве примера защитной стратегии, если поездка запланирована из Нью-Йорка в Чикаго, система может предоставлять возможность вести поезд медленнее в начале поездки, в середине поездки или в конце поездки. Один вариант осуществления настоящего изобретения предусматривает оптимизацию плана поездки, позволяющую

снижать скорость в конце поездки, поскольку неизвестные ограничения, в порядке примера, но не ограничения, погодные условия, ремонт пути, и т.д., могут возникнуть и стать известными в ходе поездки. В другом случае, если известны области, где часто случаются заторы, план разрабатывается с возможностью увеличения гибкости управления вокруг таких областей. Таким образом, варианты осуществления настоящего изобретения также могут предусматривать взвешивание/наказание как функцию времени/расстояния в будущем и/или на основании известного/прошлого опыта. Специалистам в данной области техники очевидно, что такое планирование и повторное планирование с учетом погодных условий, состояния пути, наличия других поездов на пути, и т.д. можно рассматривать в любое время в ходе поездки, в котором план поездки соответственно корректируется.

На фиг.3 дополнительно раскрыты другие элементы, которые могут составлять часть вариантов осуществления настоящего изобретения. Процессор 44 принимает информацию от локационного элемента 30, элемента 33 описания пути и датчиков 38. Алгоритм 46 выполняется на процессоре 44. Алгоритм 46 вычисляет оптимизированный план поездки на основании параметров локомотива 42, поезда 31, пути 34 и требований к рейсу, как описано здесь. Согласно иллюстративному варианту осуществления план поездки устанавливается на основании моделей поведения поезда, когда поезд 31 движется вдоль пути 34 в виде решения нелинейных дифференциальных уравнений, выведенных из применяемой физики с упрощающими гипотезами, которые предусмотрены в алгоритме. Алгоритм 46 имеет доступ к информации из локационного элемента 30, элемента 33 описания пути и/или датчиков 38 для создания плана поездки, минимизирующего расход топлива локомотивной сцепки 42, минимизирующего выбросы локомотивной сцепки 42, устанавливающего нужное время поездки и/или гарантирующего правильное рабочее время бригады на локомотивной сцепке 42. Согласно иллюстративному варианту осуществления предусмотрен также драйвер или элемент управления 51. Согласно приведенному здесь рассмотрению элемент управления 51 может управлять поездом в ходе выполнения плана поездки. Согласно иллюстративному варианту осуществления, рассмотренному далее, элемент управления 51 автономно принимает решения по управлению поездом. Согласно другому иллюстративному варианту осуществления машинист может предписывать поезду следовать плану поездки или отклоняться от него по своему усмотрению.

Согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения план поездки можно модифицировать в реальном времени по мере выполнения плана. Это изменение включает в себя создание первоначального плана поездки на дальнейшее расстояние ввиду сложности алгоритма оптимизации плана. Когда полная длина профиля поездки превышает данное расстояние, алгоритм 46 можно использовать для разбиения рейса путем деления рейса на промежуточные пункты. Хотя здесь рассматривается только один алгоритм 46, специалистам в данной области техники очевидно, что можно использовать более одного алгоритма и что такие множественные алгоритмы можно совместно использовать для создания плана поездки. Промежуточные пункты маршрута могут включать в себя естественные положения, где поезд 31 останавливается, в порядке примера, но не ограничения, единичные ответвления магистрали для встречи со встречным движением или для пропуска поезда, идущего позади текущего поезда, сортировочные пути, вспомогательные пути, где вагоны нагружаются и разгружаются, и места запланированных профилактических работ. В таких промежуточных пунктах поезду 31 может потребоваться стоять в течение запланированного времени, останавливаться или двигаться со скоростью в указанном диапазоне.

Продолжительность времени от прибытия до отправления в промежуточных пунктах называется временем простоя.

Согласно иллюстративному варианту осуществления более длинный маршрут разбивается на более мелкие участки согласно особой системе. Каждый участок может
 5 иметь ту или иную длину, но обычно выбирается в естественном положении, например в положении остановки или значительного ограничения по скорости или в положении ключевых промежуточных пунктов или путевых знаков, которые задают соединения с другими маршрутами. При таком выборе отрезков или участков маршрута профиль управления создается для каждого участка пути как функция времени движения, которое
 10 рассматривается как независимая переменная, например, как показано на фиг.4. Компромисс расхода топлива/времени движения, связанный с каждым участком, можно вычислять до того, как поезд 31 достигнет этого участка пути. Таким образом, совокупный план поездки можно создавать из профилей управления, созданных для каждого участка. Один вариант осуществления настоящего изобретения
 15 предусматривает оптимальное распределение времени движения по всем участкам маршрута, чтобы удовлетворять требованию суммарного времени поездки и минимизировать полный расход топлива на всех участках. Иллюстративный маршрут, состоящий из трех участков, раскрыт на фиг.6 и рассмотрен ниже. Однако специалистам в данной области техники очевидно, что, хотя здесь рассматриваются участки, план
 20 поездки может содержать единичный участок, представляющий весь маршрут.

На фиг.4 показан иллюстративный вариант осуществления кривой расхода топлива/времени движения. Как отмечено выше, такая кривая 50 создается при вычислении оптимального профиля поездки для различных времен движения для каждого участка. Таким образом, для данного времени движения 51 расход топлива 52 является
 25 результатом подробного профиля управления, вычисление которого описано выше. После назначения времени движения для каждого участка план мощности/скорости определяется для каждого участка из предварительно вычисленных решений. При наличии каких-либо ограничений по скорости в промежуточном пункте между участками, в порядке примера, но не ограничения, изменения предельной скорости
 30 согласовываются при создании оптимального профиля поездки. Если ограничения по скорости изменяются только на единичном участке, кривую 50 расхода топлива/времени движения нужно повторно вычислить только для участка изменения. Этот процесс сокращает время, необходимое для повторного вычисления большего количества частей, или участков, маршрута. Если локомотивная сцепка или поезд претерпевает
 35 значительные изменения вдоль маршрута, например, вследствие потери мощности локомотива, или погрузки, или разгрузки вагонов, то профили управления для всех последующих участков необходимо повторно вычислить для создания новых вариантов кривой 50. Эти новые кривые 50 затем используются совместно с новыми требованиями расписания для планирования оставшейся поездки.

40 После создания плана поездки, согласно вышеприведенному рассмотрению, график скорости и мощности в зависимости от расстояния позволяет поезду достигать пункта назначения с минимальным расходом топлива и/или объемом выбросов за необходимое время поездки. Существует несколько методов для выполнения плана поездки. Как описано более подробно ниже, согласно иллюстративному варианту осуществления,
 45 в тренировочном режиме, информация отображается машинисту, которой машинист должен руководствоваться для достижения необходимой мощности и скорости, определенной согласно оптимальному плану поездки. В этом режиме эксплуатационная информация представляет собой рекомендованные рабочие состояния, которые

машинист должен использовать. Согласно другому иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения осуществляются действия по управлению для ускорения поезда или поддержания постоянной скорости. Однако когда поезд 31 должен замедляться, машинист отвечает за торможение путем управления тормозной системой

5 52. Согласно другому иллюстративному варианту осуществления обеспечиваются команды разгона и торможения, необходимые для того, чтобы следовать нужному графику скорости-расстояния.

Стратегии управления в режиме обратной связи используются для корректировки последовательности управления мощностью в профиле для учета событий, например,

10 но без ограничения, изменений нагрузки поезда, обусловленных изменениями встречного ветра и попутного ветра. Другая подобная ошибка может быть обусловлена ошибкой в параметрах поезда, в порядке примера, но не ограничения, массы поезда и/или сопротивления, в сравнении с предположениями в оптимизированном плане поездки. Третий тип ошибки может иметь место вследствие некорректной информации в базе

15 данных 36 целостности пути. Еще одна возможная ошибка может быть связана с немоделированными изменениями характеристик, связанных с двигателем локомотива, перегревом тягового двигателя и/или другими факторами. Стратегии управления в режиме обратной связи сравнивают фактическую скорость как функцию позиции со скоростью в нужном оптимальном профиле. На основании этого различия добавляется

20 коррекция оптимального профиля мощности для приближения фактической скорости к оптимальному профилю. Чтобы обеспечить устойчивую регулировку, можно предусмотреть алгоритм компенсации, который фильтрует скорости обратной связи в корректировки мощности для обеспечения стабильности управления по замкнутому циклу. Компенсация может включать в себя стандартную динамическую компенсацию,

25 которую специалисты по проектированию систем управления используют для обеспечения нужных характеристик.

Согласно различным аспектам настоящее изобретение обеспечивает простейшие и поэтому самые быстрые методы адаптации к изменениям требований к поездке, которые являются скорее правилом, чем исключением в работе железной дороги. Согласно

30 иллюстративному варианту осуществления для определения движения с оптимальным расходом топлива из точки А в точку В при наличии остановок вдоль пути и для обновления плана поездки для оставшейся части маршрута после начала поездки можно использовать почти оптимальный метод разложения для нахождения оптимального профиля поездки. Используя методы моделирования, способ вычисления позволяет

35 находить план поездки с указанным временем движения и начальной и конечной скоростями, удовлетворяющий всем ограничениям скорости и возможностями локомотива при наличии остановок. Хотя нижеследующее рассмотрение относится к оптимизации расхода топлива, его также можно применять для оптимизации других факторов, в порядке примера, но не ограничения, выбросов, расписания, комфорта

40 бригады и влияния нагрузки. Способ можно использовать в начале, при разработке плана поездки и, что более важно, для адаптации к изменению требований после начала поездки.

Согласно приведенному здесь рассмотрению иллюстративные варианты осуществления настоящего изобретения могут использовать настройку, показанную

45 в иллюстративной логической блок-схеме, показанной на фиг.5, и в качестве иллюстративного примера трех участков, подробно показанного на фиг.6. Показано, что маршрут можно разбить на два или более участков, T1, T2 и T3, хотя согласно приведенному здесь рассмотрению можно рассматривать маршрут как единичный

участок. Согласно приведенному здесь рассмотрению границы участка могут не образовывать участки одинаковой длины. Вместо этого участки используют естественные или зависящие от рейса границы. Оптимальные планы поездки предварительно вычисляются для каждого участка. Если расход топлива в зависимости от времени поездки является требованием к поездке, подлежащим удовлетворению, кривые расхода топлива в зависимости от времени поездки строятся для каждого участка. Согласно приведенному здесь рассмотрению можно строить кривые на основании других факторов, причем факторы представляют собой требования, которым должен отвечать план поездки. Когда время поездки является параметром, подлежащим определению, вычисляется время поездки для каждого участка с учетом ограничений на полное время поездки. На фиг.6 показаны предельные скорости для иллюстративного 200-мильного маршрута, состоящего из трех участков 97. Дополнительно проиллюстрированы изменения уклона на 200-мильном маршруте 98. Показана также комбинированная диаграмма 99, где отображены кривые расхода топлива для каждого участка маршрута в зависимости от времени движения.

Используя вышеописанную оптимальную настройку управления, данный способ вычисления позволяет находить план поездки с указанными временем движения и начальной и конечной скоростями, удовлетворяющий всем ограничениям скорости и возможностями локомотива при наличии остановок. Хотя нижеследующее подробное рассмотрение относится к оптимизации расхода топлива, его можно применять для оптимизации других факторов согласно приведенному здесь рассмотрению, в порядке примера, но не ограничения, выбросов. Способ позволяет устанавливать нужные периоды простоя на остановках и учитывать ограничения на самое раннее прибытие и отправление в положении, которые могут потребоваться, например, при работе на одном пути, когда время входа или прохода ветки является критическим.

Варианты осуществления настоящего изобретения предусматривают нахождение движения с оптимальным расходом топлива на расстоянии от D_0 до D_M , пройденном за время T , с $M-1$ промежуточными остановками в D_1, \dots, D_{M-1} и с временами прибытия и отправления в этих остановках, ограниченными

$$t_{\min}(i) \leq t_{\text{arr}}(D_i) \leq t_{\max}(i) - \Delta t_i$$

$$t_{\text{arr}}(D_i) + \Delta t_i \leq t_{\text{dep}}(D_i) \leq t_{\max}(i) \quad i = 1, \dots, M-1$$

где $t_{\text{arr}}(D_i)$, $t_{\text{dep}}(D_i)$ и Δt_i - время прибытия, отправления и минимальное время остановки в i -й остановке, соответственно. Предполагая, что оптимизация расхода топлива предусматривает минимизацию времени остановки, получаем $t_{\text{dep}}(D_i) = t_{\text{arr}}(D_i) + \Delta t_i$, что исключает необходимость во втором из вышеприведенных неравенств.

Пусть для каждого $i=1, \dots, M$, движение с оптимальным расходом топлива из D_{i-1} в D_i за время движения t , $T_{\min}(i) \leq t \leq T_{\max}(i)$, известно. Пусть $F_i(t)$ - расход топлива, соответствующий этой поездке. Если время движения из D_{j-1} в D_j обозначить T_j , то время прибытия в D_i определяется как

$$t_{\text{arr}}(D_i) = \sum_{j=1}^i (T_j + \Delta t_{j-1})$$

где Δt_0 задано равным нулю. Движение с оптимальным расходом топлива из D_0 в D_M за время движения T получается путем нахождения T_i , $i=1, \dots, M$, что минимизирует

$$\sum_{i=1}^M F_i(T_i) \quad T_{\min}(i) \leq T_i \leq T_{\max}(i)$$

при условии, что

$$t_{\min}(i) \leq \sum_{j=1}^i (T_j + \Delta t_{j-1}) \leq t_{\max}(i) - \Delta t_i \quad i = 1, \dots, M-1$$

$$5 \quad \sum_{j=1}^M (T_j + \Delta t_{j-1}) = T$$

После начала поездки производится повторное определение решения, оптимального по расходу топлива для остального маршрута (первоначально из D_0 в D_M за время T) по мере прохождения маршрута, но где возмущения препятствуют следованию решения, оптимальному по расходу топлива. Обозначим текущие расстояние и скорость x и v , соответственно, где $D_{i-1} < x \leq D_i$. Кроме того, обозначим текущее время с начала поездки t_{act} . Тогда решение, оптимальное по расходу топлива, для остального маршрута от x до D_M , которое сохраняет исходное время прибытия в D_M , получается путем нахождения

$$15 \quad \tilde{T}_i, \tilde{T}_j, j = i+1, \dots, M, \text{ что минимизирует}$$

$$\tilde{F}_i(\tilde{T}_i, x, v) + \sum_{j=i+1}^M F_j(T_j)$$

при условии, что

$$20 \quad t_{\min}(i) \leq t_{act} + \tilde{T}_i \leq t_{\max}(i) - \Delta t_i$$

$$t_{\min}(k) \leq t_{act} + \tilde{T}_i + \sum_{j=i+1}^k (T_j + \Delta t_{j-1}) \leq t_{\max}(k) - \Delta t_k \quad k = i+1, \dots, M-1$$

$$25 \quad t_{act} + \tilde{T}_i + \sum_{j=i+1}^M (T_j + \Delta t_{j-1}) = T$$

Здесь $\tilde{F}_i(t, x, v)$ это расход топлива при оптимальной поездке из x в D_i , совершенной за время t , с первоначальной скоростью в x , равной v .

Как рассмотрено выше, иллюстративный процесс для обеспечения более эффективного повторного планирования строит оптимальное решение для поездки от остановки к остановке из разделенных участков. Для каждой поездки из D_{i-1} в D_i , с временем движения T_i выбираем набор промежуточных точек $D_{ij}, j=1, \dots, N_i-1$. Пусть $D_{i0}=D_{i-1}$ и $D_{iN}=D_i$. Затем выражаем расход топлива для оптимальной поездки из D_{i-1} в D_i как

$$F_i(t) = \sum_{j=1}^{N_i} f_{ij}(t_{ij} - t_{i,j-1}, v_{i,j-1}, v_{ij})$$

где $f_{ij}(t, v_{i,j-1}, v_{ij})$ - расход топлива для оптимальной поездки из $D_{i,j-1}$ в D_{ij} , совершенной за время t , с начальной и конечной скоростями $v_{i,j-1}$ и v_{ij} . Кроме того, t_{ij} это время оптимальной поездки, соответствующее расстоянию D_{ij} . По определению, $t_{iN} - t_{i0} = T_i$. Поскольку поезд останавливается в D_{i0} и D_{iN} , $v_{i0} = v_{iN} = 0$.

Вышеприведенное выражение позволяет альтернативно определить функцию $F_i(t)$, первоначально определив функции $f_{ij}(\cdot)$, $1 \leq j \leq N_i$, а затем найдя τ_{ij} , $1 \leq j \leq N_i$, и v_{ij} , $1 \leq j < N_i$, что минимизирует

$$F_i(t) = \sum_{j=1}^{N_i} f_{ij}(\tau_{ij}, v_{i,j-1}, v_{ij})$$

при условии, что

$$\sum_{j=1}^{N_i} \tau_{ij} = T_i$$

$$v_{\min}(i, j) \leq v_{ij} \leq v_{\max}(i, j) \quad j = 1, \dots, N_i - 1$$

$$v_{i0} = v_{iN_i} = 0$$

Выбирая D_{ij} (например, в точках ограничения скорости или точках встречи), можно минимизировать $v_{\max}(i, j) - v_{\min}(i, j)$, тем самым минимизируя область, в которой нужно знать $f_{ij}()$.

На основании вышеописанного разбиения упрощенный подход к почти оптимальному повторному планированию по сравнению с описанным выше ограничивает повторное планирование временами, когда поезд в точках D_{ij} , $1 \leq i \leq M$, $1 \leq j \leq N_i$. В точке D_{ij} , новую оптимальную поездку из D_{ij} в D_M можно определить путем нахождения

$\tau_{ik}, j < k \leq N_i, v_{ik}, j < k \leq N_i$ и $\tau_{mn}, i < m \leq M, 1 \leq n \leq N_m, v_{mn}, i < m \leq M, 1 \leq n \leq N_m$, что минимизирует

$$\sum_{k=j+1}^{N_i} f_{ik}(\tau_{ik}, v_{i,k-1}, v_{ik}) + \sum_{m=i+1}^M \sum_{n=1}^{N_m} f_{mn}(\tau_{mn}, v_{m,n-1}, v_{mn})$$

при условии, что

$$t_{\min}(i) \leq t_{act} + \sum_{k=j+1}^{N_i} \tau_{ik} \leq t_{\max}(i) - \Delta t_i$$

$$t_{\min}(n) \leq t_{act} + \sum_{k=j+1}^{N_i} \tau_{ik} + \sum_{m=i+1}^n (T_m + \Delta t_{m-1}) \leq t_{\max}(n) - \Delta t_n \quad n = i+1, \dots, M-1$$

$$t_{act} + \sum_{k=j+1}^{N_i} \tau_{ik} + \sum_{m=i+1}^M (T_m + \Delta t_{m-1}) = T$$

где

$$T_m = \sum_{n=1}^{N_m} \tau_{mn}$$

Дополнительное упрощение получается в результате повторного вычисления T_m , $i < m \leq M$, по достижении точки D_i . Таким образом, в точках D_{ij} между D_{i-1} и D_i , вышеописанную минимизацию нужно осуществлять только по $\tau_{ik}, j < k \leq N_i, v_{ik}, j < k \leq N_i$. T_i увеличивается при необходимости для учета любого более долгого фактического времени движения из D_{i-1} в D_{ij} , чем запланировано. Это увеличение затем компенсируется, если возможно, путем повторного вычисления T_m , $i < m \leq M$, в точке D_i .

В отношении раскрытой выше конфигурации замкнутого цикла совокупное энергопотребление, необходимое для движения поезда из точки А в точку В, составляет сумму четырех компонентов, в частности разницы в кинетической энергии между точками А и В; разницы в потенциальной энергии между точками А и В; потерь энергии вследствие трения и других потерь на сопротивление; и энергии, выделяющейся

при торможении. Предполагая, что начальная и конечная скорости равны (например, нулю), получаем, что первый компонент равен нулю. Кроме того, второй компонент не зависит от стратегии управления. Таким образом, достаточно минимизировать сумму двух последних компонентов.

- 5 Следование профилю постоянной скорости минимизирует потери на сопротивление. Следование профилю постоянной скорости также минимизирует совокупное энергопотребление, когда торможение не нужно для поддержания постоянной скорости. Однако, если торможение требуется для поддержания постоянной скорости, торможение только для поддержания постоянной скорости скорее всего приведет к увеличению
10 совокупного энергопотребления вследствие необходимости компенсировать потери энергии, выделяющейся при торможении. Существует возможность, что некоторое торможение может в действительности снизить совокупное энергопотребление, если дополнительные потери на торможение с избытком компенсируются результирующим снижением потерь на сопротивление, обусловленных торможением, за счет уменьшения
15 изменения скорости.

- По завершении вышеописанного повторного планирования на основании совокупности событий можно выполнять новый оптимальный план позиции регулятора/ скорости с использованием описанного здесь управления по замкнутому циклу. Однако в ряде случаев может не быть достаточно времени для осуществления вышеописанного
20 планирования с разбиением на участки и, в частности, при наличии критических ограничений по скорости, которые необходимо учитывать, альтернатива может быть предпочтительной. Один вариант осуществления настоящего изобретения предусматривает альтернативный алгоритм, именуемый "интеллектуальное поддержание скорости". Интеллектуальный алгоритм поддержания скорости является эффективным
25 процессом для генерации в реальном времени экономичного по энергии (следовательно, экономичного по топливу и/или экономичного по выбросам) почти оптимального предписания по управлению поездом 31 на известной местности. Этот алгоритм учитывает информацию позиции поезда 31 вдоль пути 34 в любое время, а также информацию уклона и кривизны пути в зависимости от позиции. Способ опирается на
30 модель точечной массы для движения поезда 31, параметры которой можно адаптивно оценивать из оперативных измерений движения поезда согласно описанному выше.

- Интеллектуальный алгоритм поддержания скорости имеет три основных компонента, в частности модифицированный профиль предельной скорости, который служит энергетически экономичным руководством по снижению предельной скорости;
35 идеальный профиль регулировки позиции регулятора или динамического тормоза, который пытается балансировать между минимизацией изменений скорости и торможения; и механизм для объединения последних двух компонентов для выработки команды регулятора, реализующей цикл обратной связи по скорости для компенсации расхождений между модельными параметрами и реальными параметрами.
40 Интеллектуальное поддержание скорости позволяет применять стратегии согласно вариантам осуществления настоящего изобретения без активного торможения (т.е. драйвер получает сигнал и предположительно обеспечивает необходимое торможение) или согласно варианту, предусматривающему активное торможение.

- В отношении алгоритма поддержания скорости, который не управляет динамическим
45 торможением, три иллюстративных компонента представляют собой модифицированный профиль предельной скорости, который служит энергетически экономичным руководством по снижению предельной скорости, сигнал извещения, призванный извещать машиниста, когда нужно применять торможение, идеальный профиль

регулятора, который пытается балансировать между минимизацией изменений скорости и извещением машиниста о необходимости торможения, и механизм, использующий цикл обратной связи для компенсации расхождений между модельными параметрами и реальными параметрами.

- 5 Аспекты настоящего изобретения также предусматривают подход к определению значений основных параметров поезда 31. Например, в отношении оценивания массы поезда можно использовать фильтр Калмана и рекурсивный метод наименьших квадратов для выявления ошибок, которые могут развиваться с течением времени.

- На фиг.7 показана иллюстративная логическая блок-схема настоящего изобретения.
- 10 Согласно вышеприведенному рассмотрению удаленная служба, например диспетчерский центр 60, может обеспечивать информацию для использования согласно настоящему изобретению. Показано, что такая информация поступает на исполнительный элемент 62 управления. На исполнительный элемент 62 управления также поступают данные из информационной базы 63 данных для моделирования локомотива, данные из базы
- 15 36 данных целостности пути, в порядке примера, но не ограничения, информация уклона пути и информация предельной скорости, оценочные параметры поезда, в порядке примера, но не ограничения, весовой коэффициент и коэффициент сопротивления поезда, и таблицы скорости расхода топлива из блока 64 оценки скорости расхода топлива. Исполнительный элемент 62 управления выдает информацию на планировщик 12, что
- 20 раскрыто более подробно на фиг.1. После вычисления плана поездки, план поступает на консультант по управлению, драйвер или элемент 62 управления. План поездки также поступает на исполнительный элемент 62 управления, что позволяет ему сравнивать поездку при поступлении других новых данных.

- Как рассмотрено выше, консультант 51 по управлению может автоматически задавать
- 25 мощность в соответствии с позицией регулятора, либо заранее установленную позицию регулятора, либо оптимальную непрерывную мощность в соответствии с позицией регулятора. Помимо подачи команды скорости на локомотив 31, предусмотрен дисплей 68, который позволяет машинисту видеть рекомендации планировщика. Машинист также имеет доступ к панели 69 управления. Посредством панели 69 управления
- 30 машинист может решать, применять или рекомендуемую мощность в соответствии с позицией регулятора. По этой причине машинист может ограничивать назначенную или рекомендуемую мощность. Таким образом, в любое время машинист всегда имеет полный контроль над регулировкой мощности для эксплуатации локомотивной сцепки, в том числе может решать, применять ли тормоза, если план поездки рекомендует
- 35 замедлить поезд 31. Например, при работе в темное время суток или в условиях, когда придорожное оборудование не может электронными средствами передавать информацию на поезд, и, вместо этого, машинист наблюдает визуальные сигналы от придорожного оборудования, машинист вводит команды на основании информации, содержащейся в базе данных целостности пути и визуальных сигналов от придорожного
- 40 оборудования. На основании режима работы поезда 31 информация, относящаяся к измерению топлива, поступает на блок 64 оценки скорости расхода топлива. Поскольку прямое измерение потоков топлива обычно невозможно на локомотивной сцепке, вся информация о расходе топлива до сих пор в течение поездки и прогнозируемом расходе топлива согласно оптимальным планам получается с использованием калиброванных
- 45 физических моделей, например используемых при разработке оптимальных планов. Например, такие прогнозы могут включать в себя, но без ограничения, использование измеренной полной мощности и известных топливных характеристик для вывода полного расхода топлива.

Поезд 31 также имеет локационное устройство 30, например датчик GPS, рассмотренный выше. Информация поступает на блок 65 оценки параметров поезда. Такая информация может включать в себя, но без ограничения, данные датчика GPS, данные тягового/тормозящего усилия, данные состояния торможения, данные скорости и любых изменений скорости. Совместно с информацией, относящейся к уклону и предельной скорости, информация веса и коэффициента сопротивления поезда поступает на исполнительный элемент 62 управления.

Один вариант осуществления настоящего изобретения также предусматривает использование непрерывно изменяющейся мощности в ходе оптимизации планирования и реализации управления по замкнутому циклу. В традиционном локомотиве мощность обычно квантуется на восемь дискретных уровней. Современные локомотивы могут реализовать непрерывное изменение мощности, что можно использовать в вышеописанных способах оптимизации. При непрерывной регулировке мощности локомотив 42 может дополнительно оптимизировать рабочие состояния, например путем минимизации вспомогательных нагрузок и потерь при передаче мощности и точной регулировки диапазонов мощности двигателя, соответствующих оптимальной эффективности или до точек границ повышенных выбросов. Примеры включают в себя, но без ограничения, минимизацию потерь в системе охлаждения, регулировку напряжений генератора переменного тока, регулировку оборотов двигателя и сокращение количества ведущих осей. Кроме того, локомотив 42 может использовать бортовую базу 36 данных целостности пути и прогнозируемые требования к производительности для минимизации вспомогательных нагрузок и потерь при передаче мощности для обеспечения оптимальной эффективности для назначенного расхода топлива/выбросов. Примеры включают в себя, но без ограничения, сокращение количества ведущих осей на ровной местности и предварительное охлаждение двигателя локомотива до входа в туннель.

Один вариант осуществления настоящего изобретения также предусматривает использование бортовой базы 36 данных целостности пути и прогнозируемой производительности для регулировки работы локомотива, например для обеспечения того, что поезд имеет достаточную скорость при подходе к холму и/или туннелю. Например, это можно выразить как ограничение скорости в конкретном положении, которое становится частью оптимального плана, создаваемого при решении уравнения (ОР). Дополнительно, вариант осуществления может предусматривать правила управления поездом, в порядке примера, но не ограничения, темпы роста тягового усилия и максимальные темпы роста тормозящего усилия. Их можно непосредственно включить в формулу оптимального профиля поездки или, альтернативно, включить в регулятор замкнутого цикла, используемого для управления подачи мощности для достижения назначенной скорости.

Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящее изобретение установлено только на головном локомотиве железнодорожного состава. Хотя, согласно определенным аспектам, настоящее изобретение не зависит от данных или взаимодействий с другими локомотивами, его можно объединить с блоком управления локомотивной сцепкой, раскрытым в патенте США № 6691957 и заявке на патент США № 10/429596, функциональными возможностями и/или функциональными возможностями оптимизатора локомотивной сцепки для повышения эффективности. Взаимодействие с множественными поездами не запрещено, что показано на описанном здесь примере диспетчера, принимающего решения относительно двух "независимо оптимизированных" поездов.

Поезда с распределенными энергетическими системами могут работать в разных режимах. В одном режиме все локомотивы в поезде работают по одной и той же команде регулятора. Если головной локомотив получает команду работать в позиции регулятора №8, все звенья поезда получают команду развивать мощность согласно позиции регулятора №8. В "независимом" режиме управления локомотивы или сцепки локомотивов, распределенные по поезду, могут работать на разных движущих или тормозящих мощностях. Например, когда поезд достигает вершины горы, головные локомотивы (на спуске с горы) можно перевести в режим торможения, тогда как локомотивы посередине или в хвосте поезда (на подъеме на гору) могут находиться в движущем режиме. Это делается для того, чтобы минимизировать силы натяжения на механических автосцепках, соединяющих вагоны и локомотивы. Традиционно, работа распределенной энергетической системы в «независимом» режиме требует от машиниста вручную подавать команды каждому удаленному локомотиву или набору локомотивов через дисплей на головном локомотиве. С использованием модели планирования на физической основе, информации настроек поезда, бортовой базы данных целостности пути, бортовых правил эксплуатации, системы определения местоположения, управления разгоном/торможением по замкнутому циклу в реальном времени и сенсорной обратной связи система автоматически управляет распределенной энергетической системой в «независимом» режиме.

При работе в режиме распределенной подачи мощности машинист на головном локомотиве может управлять рабочими функциями удаленных локомотивов в удаленных сцепках посредством системы управления, например элемента распределенного управления мощностью. Таким образом, при работе в режиме распределенной подачи мощности машинист может отдавать команду разным локомотивным сцепкам работать на разных уровнях мощности в соответствии с позицией регулятора (или одной сцепке работать в движущем режиме, а другой - в тормозящем), причем каждый отдельный локомотив в локомотивной сцепке работает на одной и той же мощности в соответствии с позицией регулятора. Согласно иллюстративному варианту осуществления, когда настоящее изобретение установлено на поезде, предпочтительно с возможностью связи с элементом распределенного управления мощностью, когда нужен уровень мощности в соответствии с позицией регулятора для удаленной локомотивной сцепки, рекомендуемый согласно оптимизированному плану поездки иллюстративный вариант осуществления настоящего изобретения предусматривает передачу этой регулировки мощности на удаленные локомотивные сцепки для реализации. Как рассмотрено ниже, торможение реализуется аналогичным образом.

Один вариант осуществления настоящего изобретения можно использовать применительно к сцепкам, в которых локомотивы не примыкают друг к другу, например один или несколько локомотивов располагаются спереди, другие в середине и в конце поезда. Такие конфигурации называются конфигурациями с распределенной мощностью, в которых стандартное соединение между локомотивами заменено каналом радиосвязи или вспомогательным кабелем для внешней связи локомотивов. При работе в режиме распределенной подачи мощности машинист на головном локомотиве может управлять рабочими функциями удаленных локомотивов в сцепке посредством системы управления, например элемента распределенного управления мощностью. В частности, при работе в режиме распределенной подачи мощности машинист может отдавать команду разным локомотивным сцепкам работать на разных уровнях мощности в соответствии с позицией регулятора (или одной сцепке работать в движущем режиме, а другой - в тормозящем), причем каждый отдельный локомотив в локомотивной сцепке работает

на одной и той же мощности в соответствии с позицией регулятора.

Согласно иллюстративному варианту осуществления, когда настоящее изобретение установлено на поезде, предпочтительно, с возможностью связи с элементом распределенного управления мощностью, когда нужен уровень мощности в соответствии с позицией регулятора для удаленной локомотивной сцепки, рекомендуемый согласно оптимизированному плану поездки, иллюстративный вариант осуществления настоящего изобретения предусматривает передачу этой регулировки мощности на удаленные локомотивные сцепки для реализации. Как рассмотрено ниже, торможение реализуется аналогичным образом. При работе в режиме распределенной подачи мощности вышеописанную задачу оптимизации можно расширить для обеспечения дополнительных степеней свободы, в том смысле, что каждым удаленным звеном можно независимо управлять с головного звена. Преимущество этого подхода в том, что дополнительные требования или ограничения, касающиеся внутripоездных сил, можно включить в функцию производительности, предполагая, что модель, отражающая внутripоездные силы, также включена. Таким образом, различные аспекты настоящего изобретения могут включать в себя использование множественных настроек регулятора для лучшего управления внутripоездными силами, а также расходом топлива и выбросами.

В поезде, где используется блок управления локомотивной сцепкой, головной локомотив в локомотивной сцепке может работать на другой позиции регулятора мощности, чем другие локомотивы в этой сцепке. Другие локомотивы в сцепке работают на одной и той же позиции регулятора мощности. Варианты осуществления настоящего изобретения можно использовать совместно с блоком управления локомотивной сцепкой для передачи позиции регулятора мощности на локомотивы в сцепке. Таким образом, поскольку блок управления локомотивной сцепкой делит локомотивную сцепку на две группы, головной локомотив и хвостовые звенья, головной локомотив получает команду работать на определенной мощности в соответствии с позицией регулятора, и хвостовые локомотивы могут получать команду работать на другой мощности в соответствии с позицией регулятора. Согласно иллюстративному варианту осуществления элемент распределенного управления мощностью может представлять собой систему и/или устройство, где осуществляется эта операция.

Аналогично, когда оптимизатор локомотивной сцепки используется с локомотивной сцепкой, вариант осуществления настоящего изобретения можно использовать совместно с оптимизатором локомотивной сцепки для определения мощности в соответствии с позицией регулятора для каждого локомотива в локомотивной сцепке. Например, предположим, что план поездки рекомендует четвертую позицию регулятора мощности для локомотивной сцепки. На основании положения поезда оптимизатор локомотивной сцепки использует эту информацию и затем определяет позицию регулятора мощности для каждого локомотива в сцепке. В этой реализации эффективность задания позиций регулятора мощности по внутripоездным каналам связи повышается. Кроме того, как рассмотрено выше, реализация этой конфигурации может осуществляться с использованием распределенной системы управления.

Кроме того, согласно вышеприведенному рассмотрению вариант осуществления настоящего изобретения можно использовать для непрерывной корректировки и повторного планирования, когда железнодорожный состав использует торможение, на основании предстоящих предметов, представляющих интерес, в порядке примера, но не ограничения, железнодорожных переездов, изменений уклона, приближающихся ответвлений, приближающихся депо и приближающихся заправочных станций, где

каждому локомотиву в сцепке может потребоваться отдельная регулировка торможения. Например, если поезд идет через холм, головной локомотив может войти в состояние торможения, тогда как удаленные локомотивы, еще не достигшие вершины холма, могут оставаться в движущемся состоянии.

- 5 На фиг.8, 9 и 10 показаны иллюстративные динамические дисплеи для машиниста. На фиг.8 показан предоставленный профиль поездки 72. В профиле указано положение локомотива. Также обеспечена такая информация, как длина поезда 105 и количество вагонов 106 в поезде. Также предусмотрены элементы, касающиеся уклона пути 107, элементы 108 кривизны и придорожных устройств, включающие в себя положение
- 10 моста 109 и скорость поезда 110. Дисплей 68 позволяет машинисту просматривать такую информацию, а также видеть положение поезда вдоль маршрута. Предоставляется информация, относящаяся к расстоянию и/или оценочному времени до таких мест, как переезды 112, сигналы 114, изменения скорости 116, реперы 118 и пункты назначения 120. Также предусмотрен прибор контроля времени прибытия 125, который позволяет
- 15 пользователю определить экономию топлива, реализуемую в ходе поездки. Машинист имеет возможность изменять время прибытия 127 и определять, как это влияет на экономию топлива. Согласно приведенному здесь рассмотрению специалистам в данной области техники очевидно, что экономия топлива является иллюстративным примером лишь одной задачи, которую можно решать с помощью инструмента управления.
- 20 Таким образом, в зависимости от наблюдаемого параметра, другие параметры, рассмотренные здесь, можно наблюдать и оценивать с помощью инструмента управления, рассматриваемого машинистом. Машинисту также предоставляется информация, относящаяся к продолжительности времени, в течение которого бригада работает на поезде. В иллюстративных вариантах осуществления информация времени
- 25 и расстояния может быть представлена либо как время и/или расстояние до конкретного события и/или положения, либо как полное истекшее время.

Как показано на фиг.9, иллюстративный дисплей обеспечивает информацию о данных 130 сцепки, график событий и ситуаций 132, прибор контроля времени прибытия 134 и исполнительные кнопки 136. Кроме того, на этом дисплее предоставляется информация, аналогичная рассмотренной выше. В этом дисплее 68 также предусмотрены

30 исполнительные кнопки 138, позволяющие машинисту перепланировать, а также отключать 140 устройство согласно различным вариантам осуществления настоящего изобретения.

- На фиг. 10 представлен другой иллюстративный вариант осуществления дисплея.
- 35 На нем отображается типичная информация для современного локомотива, включающая в себя состояние 172 пневматических тормозов, аналоговый спидометр с цифровой вставкой 74 и информацию о тяговом усилии в фунтах силы (или амперах тяги для локомотивов постоянного тока). Индикатор 74 показывает текущую оптимальную скорость согласно исполняемому плану, а также график акселерометра в дополнение
- 40 к показанию в миль/час/мин. В центре экрана располагаются важные новые данные для выполнения оптимального плана, включающие в себя прокручиваемый ленточный график 76, отражающий оптимальную скорость и позицию регулятора в зависимости от расстояния по сравнению с текущей историей этих переменных. В этом иллюстративном варианте осуществления положение поезда определяется с
- 45 использованием локационного элемента. Показано, что положение обеспечивается путем определения, насколько далеко находится поезд от своего конечного пункта назначения, абсолютной позиции, первоначального пункта назначения, промежуточного пункта и/или ввода машиниста.

Ленточная диаграмма обеспечивает прогнозирование изменений скорости, необходимых для выполнения оптимального плана, что полезно при ручном управлении, и отслеживает соотношение плана с фактическими данными в ходе автоматического управления. Согласно приведенному здесь рассмотрению, например, в тренировочном режиме машинист может следовать позиции регулятора или скорости, предложенным настоящим изобретением. Вертикальная полоска обеспечивает график нужной и фактической позиции регулятора, которые также отображаются в цифровом виде под ленточной диаграммой. При использовании непрерывной регулировки мощности, как рассмотрено выше, дисплей будет просто производить округление к ближайшему дискретному эквиваленту, причем дисплей может быть аналоговым дисплеем, на котором отображается аналоговый эквивалент, или процент, или фактическая мощность/тяговое усилие.

Критическая информация о статусе поездки отображается на экране, где показан текущий уклон 88 пути, на котором находится поезд или головной локомотив, какое-то место поезда или средний уклон по длине поезда. Также показаны совокупное расстояние, пройденное по плану 90, полный расход топлива 92, положение или расстояние до следующей запланированной остановки 94 и текущее и предполагаемое время прибытия 96 на следующую остановку. Дисплей 68 также показывает максимально возможное время до пункта назначения согласно вычисленным планам. Если требуется более позднее прибытие, выполняется повторное планирование. Данные коррекции плана показывают состояние расхода топлива и расписания с опережением или отставанием от текущего оптимального плана. Отрицательные числа означают меньший расход топлива или опережение по сравнению с планом, положительные числа означают больший расход топлива или отставание по сравнению с планом. Обычно эти параметры компенсируют друг друга в противоположных направлениях (замедление для экономии топлива приводят к задержке поезда и наоборот).

В любое время эти дисплеи 68 дают машинисту мгновенную картину статуса поездки в отношении установленного на данный момент плана управления. Этот дисплей показан исключительно в иллюстративных целях, и существует много других способов отображения/передачи этой информации машинисту и/или диспетчеру. По этой причине любые другие раскрытые выше элементы информации можно добавлять на дисплей для обеспечения дисплея, который отличается от раскрытого.

Другие признаки, которые могут быть включены в варианты осуществления настоящего изобретения, включают в себя, но без ограничения, генерацию журналов данных и отчетов. Эта информация может храниться на поезде и загружаться в небортовую систему. Загрузки можно осуществлять посредством ручной и/или беспроводной передачи. Эту информацию также может наблюдать машинист на локомотивном дисплее. Данные могут включать в себя такую информацию, как, но без ограничения, вводы машиниста, время работы системы, экономию топлива, дисбаланс топлива между локомотивами в поезде, отклонение движения поезда от расписания и вопросы диагностики системы, например неисправность датчика GPS.

Поскольку планы поездки также должны учитывать допустимое рабочее время бригады, варианты осуществления настоящего изобретения могут учитывать такую информацию при планировании поездки. Например, если максимальное время, в течение которого бригада может работать, составляет восемь часов, то поездку можно запланировать так, чтобы она включала в себя остановку, на которой новая бригада может сменить действующую бригаду. Такие указанные положения остановки могут включать в себя, но без ограничения, сортировочные станции, положения встречи/

обхода и т.д. Если в ходе поездки время поездки может быть превышено, машинист может отказаться от иллюстративного варианта осуществления настоящего изобретения в пользу других критериев, определенных машинистом. В конце концов, независимо от рабочего состояния поезда, в порядке примера, но не ограничения, высокой нагрузки, 5 низкой скорости, условий растяжения поезда и т.д. машинист оставляет за собой право устанавливать безопасную скорость и/или рабочее состояние поезда.

Согласно разным аспектам настоящего изобретения поезд может работать в совокупности разных рабочих концепций. В одной рабочей концепции настоящее изобретение обеспечивает команды, определяющие тягу и динамическое торможение. 10 Машинист управляет всеми остальными функциями поезда. В другой рабочей концепции, настоящее изобретение обеспечивает только команды, определяющие тягу. Машинист управляет динамическим торможением и всеми остальными функциями поезда. В еще одной рабочей концепции настоящее изобретение обеспечивает команды, определяющие тягу, динамическое торможение и пневматическое торможение. Машинист управляет 15 всеми остальными функциями поезда.

Иллюстративные варианты осуществления настоящего изобретения также можно использовать путем извещения машиниста о предстоящих предметах, представляющих интерес, о действиях, которые нужно будет предпринять, например, за счет прогнозирующей логики настоящего изобретения, непрерывной корректировки и 20 повторного планирования оптимизированного плана поездки, базы данных целостности пути. Машинист может также получать извещения о находящихся впереди переездах, сигналах, изменениях уклона, тормозящих действиях, ответвлениях, сортировочных станциях, заправочных станциях, и т.д. Эти извещения могут сообщаться посредством звука и/или интерфейса машиниста.

В частности, с использованием модели планирования на физической основе, информации настроек поезда, бортовой базы данных целостности пути, бортовых правил эксплуатации, системы определения местоположения, управления разгоном/торможением по замкнутому циклу в реальном времени, и сенсорной обратной связи, система предлагает и/или предписывает машинисту совершать необходимые действия. 25 Извещение может быть визуальным и/или звуковым. Примеры включают в себя извещение о переездах, которые требуют, чтобы машинист активировал свисток и/или сигнал локомотива, извещение о «тихих» переездах, которые не требуют, чтобы машинист активировал свисток или сигнал локомотива. 30

Согласно другому иллюстративному варианту осуществления, с использованием 35 модели планирования на физической основе, рассмотренной выше, информации настроек поезда, бортовой базы данных целостности пути, бортовых правил эксплуатации, системы определения местоположения, управления разгоном/торможением по замкнутому циклу в реальном времени и сенсорной обратной связи, один вариант осуществления настоящего изобретения предусматривает представление машинисту 40 информации (например, показания на дисплее), которая позволяет машинисту видеть, когда поезд приходит в различные места, как показано на фиг.9. Система позволяет машинисту корректировать план поездки (предписанное время прибытия). Эта информация (фактическое оценочное время прибытия или информация, необходимая для принятия решения не на поезде) также может передаваться в диспетчерский центр, 45 чтобы диспетчер или система диспетчеризации мог(ла) корректировать предписанное время прибытия. Это позволяет системе быстро корректировать и оптимизировать соответствующую целевую функцию (например, согласующую скорость и расход топлива).

В общем случае работу поезда можно улучшить на основании информации параметров вагонов, образующих поезд. Эти параметры могут включать в себя вес, количество осей, тип и характеристики автосцепок, предельные скорости, осевую нагрузку, трение, аэродинамическое сопротивление осевых нагрузок, вертикальных нагрузок и поперечных нагрузок на колеса на рельсах. Параметры отдельных вагонов, в свою очередь, могут влиять на нагрузочную емкость поезда. Например, множество легко нагруженных вагонов в центре поезда и тяжело нагруженных вагонов позади может приводить к повышению возможности крушения при ускорении или сильной тяге по кривой. Дополнительно, информация о полной нагрузке вагонов позволяет оптимизировать зависимость скорости от расхода топлива поезда и выбросы поезда. Кроме того, информация параметров вагона также может приводить к ускорению отправки с сортировочных станций.

Согласно другому иллюстративному варианту осуществления информация о данных груза также может быть включена в параметры вагона. Эта информация может включать в себя количество и тип груза. Например, рассмотрим вагон, перевозящий жидкость. Если вагон не полон, то движение жидкости может влиять на совокупные силы, действующие на колеса или автосцепки. Эту информацию можно использовать для дополнительной оптимизации работы поезда. Аналогично, рассмотрим вагон, перевозящий опасный материал. Поскольку могут потребоваться определенные ограничения предельной скорости, эту информацию можно использовать для дополнительной оптимизации работы поезда. Когда данные груза неизвестны, можно использовать датчик для обнаружения изменений нагрузки, например изменений нагрузки, обусловленных вагоном, частично заполненным жидкостью. В ходе работы поезд замедляется и измеряется изменение нагрузки на ось. Согласно другому иллюстративному варианту осуществления сортировочная горка, например, находящаяся на сортировочной станции, включается в путь вагона, где измеряется изменение нагрузки на ось. Информацию о смещении жидкости и его влияния на нагрузку на ось можно учитывать, чтобы гарантировать то, что максимальное ускорение и предельные замедления установлены посредством раскрытых выше процедур оптимизации поезда.

Согласно другому иллюстративному варианту осуществления при наличии датчика, регистрирующего нагрузку на ось, непредвиденное изменение нагрузки на ось может иллюстрировать непредвиденное смещение груза. Использование системы анализа сигнатуры, различающей между смещением жидкости и смещением закрепленного груза, в порядке примера, но не ограничения, денника. Система анализа сигнатуры будет регистрировать как имеющий высокочастотный спектр, тогда как движение жидкости будет отображаться как более широкий частотный спектр.

Автоматическое обеспечение характеристик вагона в отношении состава и ведомости поезда может выгодно сокращать время сортировки и обеспечивать общую оптимизацию сети сортировочных станций, где может быть установлен компромисс между временем сортировки, когда вагоны размещены оптимальным образом и когда часто нуждаются в перестановке, что увеличивает время сортировки. Общее время сортировки можно оптимизировать относительно времени движения поезда. Обеспечение характеристик вагона позволяет создавать поездную ведомость с подробными характеристиками вагона и выдавать ее бригаде, диспетчеру и разгрузочной службе. Обеспечение характеристик вагона позволяет характеризовать нагрузку вагонов в формируемом поезде в отношении веса, сопротивления, криволинейной характеристики, позволяет обслуживать поезда с и без DP для оптимизации, позволяет составлять вагоны вместе

в поезде и упорядочивать сортировочные станции для повышения пропускной способности сети, позволяет снижать возможность крушения благодаря информации о нагрузке и характеристике вагона путем регулировки параметров обслуживания поездов, например ускорения, замедления и скорости, позволяет вводить характеристику вагона в качестве ограничивающего фактора для оптимизации скорости поезда/расхода топлива и/или уменьшения выбросов, может обеспечивать реализацию бригады из одного человека и позволяет оптимизировать поддержание скорости.

Здесь раскрыты система и способ описания вагона, которые автоматически определяют параметры вагона, например вес, нагрузку, осевые, поперечные и вертикальные силы колес. Параметры вагона могут обеспечиваться при составлении поезда на сортировочной станции, например депо, на дороге и/или на подъездных путях. Параметры вагона можно использовать для составления поездной ведомости, и они могут быть связаны с приборами железнодорожной эффективности, например поддержания скорости, для оптимизации расхода топлива/скорости для ускорения и/или снижения выбросов, замедления, улучшения обслуживания поездов с DP или поездов без DP. Параметры вагона могут позволять оптимизировать зависимость расхода топлива от скорости поезда с учетом ограничений на манипулирование поездом, что может ограничивать скорость, ускорение или замедление, например, для работы с DP и без DP. Параметры вагона могут позволять определять компромиссы между временем доставки поезда по дороге и временем сортировки поезда для повышения общей эффективности доставки товаров. Параметры вагона можно использовать для обеспечения данных поездной ведомости, которые включают в себя характеристики работы вагона в отношении веса, поперечных, осевых и вертикальных нагрузок на ось и сил, действующих на вагон. Как описано здесь, определение параметров вагона может осуществляться автоматически.

Определенные типы вагонов могут быть подвержены ветровому и/или аэродинамическому сопротивлению. Например, ненагруженные вагоны для перевозки леса имеют большие поверхности, которые могут действовать как паруса, влияя на движение вагона. В одном аспекте измеренный параметр вагона может включать в себя определение коэффициента аэродинамического сопротивления вагона. Соответственно, тип вагона и соответствующий коэффициент аэродинамического сопротивления и/или параметры измерения аэродинамического сопротивления можно включать в данные измерений, например посредством визуального контролера вагона на боковом пути в ходе измерения процесса сбора.

Согласно иллюстративному варианту осуществления, показанному на фиг. 11, параметры вагона 200 можно получать на сортировочной станции 205, где параметры, например вес вагона и колесные силы, можно измерять при прохождении заранее определенного участка пути, например прямолинейного участка или криволинейного участка. Предусмотрена система измерения параметров вагона 215 (или измерительная система), которая может включать в себя бортовой датчик 220 и/или небортовой датчик 225, например динамометры, для измерения сил на пути, колесах, их взвешенной суммы и/или комбинаций. Другие датчики могут включать в себя детекторы отклонения, пружины, лазерные измерители и т.д. Измерительная система 215 может включать в себя модуль 230 сбора данных для сбора данных измерений и может осуществлять связь посредством приемопередатчика 235 с центральным регулятором 240, например системой диспетчеризации вагонов, системой составления поезда/создания поездной ведомости, и может выдавать данные измерений на систему диспетчеризации сети, а также на систему оптимизации скорости поезда/экономии топлива. Измерительная

система также может иметь возможность передачи информации измерений на портативное устройство 245 сбора данных, локомотив 250 через приемопередатчик 255 локомотива, придорожный электронный блок 260 и небортовой датчик 225.

5 Совместно эти системы могут использовать информацию в сети связи, где элементы могут осуществлять связь друг с другом для обмена информацией. Такая связь может осуществляться, например, через РЧ, или инфракрасное соединение, или по проводам, например через проводное соединение между вагоном и локомотивом 250.

Согласно другому варианту осуществления измерительную систему 215 можно реализовать вне сортировочной станции, например на подъездном пути, удаленном от
10 сортировочной станции. Поэтому данные измерений можно получать после того, как поезд покинет сортировочную станцию 205, и данные измерений можно подавать в сеть 265 и на центральный регулятор 240 после составления поезда на сортировочной станции для дальнейшей работы.

Согласно аспекту настоящего изобретения центральный регулятор 240 может
15 включать в себя процессор 270 для обработки данных измерений, предоставленных для поезда, для обеспечения фактора оптимизации ускорения/замедления, чтобы гарантировать то, что рабочие параметры поезда учитывают эти ограничения. В случае оптимизированного состава вагона ускорение/замедление можно увеличить для сокращения времени рейса с учетом дополнительного параметра оптимизации. В случае
20 поездов с распределением мощности (DP), нормальное сниженное тяговое усилие (TE) задних звеньев поезда можно лучше согласовать с передними звеньями в результате обеспечения данных измерений для вагонов поезда.

Согласно другому иллюстративному варианту осуществления предусмотрена система 300 анализа сигнатуры. Эта система 300 может входить в состав регулятора 240 или
25 иметь возможность связи с ним. Как рассмотрено выше, систему 300 анализа сигнатуры можно использовать для различения между смещением жидкости и смещением закрепленного груза.

Дополнительно, ранее полученные данные измерений можно использовать для определения необычного поведения вагона, например высокого трения колес, которое
30 можно связать с неисправностью подшипников, путем сравнения текущих данных с ранее измеренными данными. Это позволяет осуществлять обслуживание до присоединения вагона к поезду.

Преимущественно, система может обеспечивать возможность согласования времени составления поезда на сортировочной станции с временем движения поезда, возможность
35 оптимизации регулировок мощности локомотивов поездов, например, для DP поездов, возможность добавлять больше вагонов для данной мощности локомотива на основании измеренной или предполагаемой нагрузки вагона, возможность оптимизации расхода топлива/скорости и возможность диагностики вагонов, например, чрезмерного трения, декретных пятен колес, и т.д.

В аспекте настоящего изобретения бортовой датчик может включать в себя датчик
40 веса, например весы, или пружинный датчик отклонения на вагоне. Небортовой датчик 225 может включать в себя динамометр на путь 210, по которому движется вагон. В аспекте настоящего изобретения вес можно измерять при ускорении или замедлении вагона на пути при известной фрикционной нагрузке (замедляющей) или тяговой
45 мощности (ускоряющей), например измеряемом с использованием акселерометра на вагоне.

Для криволинейных участков измерения бортовой датчик 220 может включать в себя динамометр для измерения колесных сил, например вертикальный, осевой и/или

горизонтальный динамометр. Согласно другому варианту осуществления бортовой датчик 220 может включать в себя датчик отклонения (движения), который отслеживает колесо при движении по кривой; например для наблюдения снижения скорости при движении по кривой, и может включать в себя датчик нагрева для регистрации выделения тепла при движении по кривой. Небортовой датчик 225 может включать в себя динамометр на рельсе 210 для регистрации отклонения рельса и/или динамометр на стрелке, через которую проходит вагон.

Для прямолинейных участков измерения бортовой датчик 220 может включать в себя динамометр для измерения колесных сил, например вертикальный, осевой и/или горизонтальный динамометр или акселерометры. Небортовой датчик 225 может включать в себя динамометр/акселерометр на рельсе, дефлектометр/акселерометр на рельсе, и/или динамометр на стрелке. Согласно другому варианту осуществления бортовой датчик 220 может включать в себя датчик отклонения (движения), который отслеживает колесо на прямом рельсе, вычисляемого путем наблюдения снижения скорости при движении по заранее определенному прямолинейному участку и может включать в себя датчик нагрева для регистрации выделения тепла при движении по прямолинейному участку.

Сбор данных может осуществляться бортовой системой 230 сбора данных или может осуществляться дистанционно, например, с использованием портативного устройства 245 сбора данных. Сеть 265 может включать в себя один или несколько из следующих типов сетей: проводную, беспроводную, в реальном времени, пакетной передачи данных, хранения и пересылки, подачи данных (при наличии данных), приема данных (запрос на действие в реальном времени или с задержкой), и/или ручного ввода.

В других вариантах осуществления считывание данных измерений из системы может обеспечиваться электроникой и оборудованием, связанными с центральным регулятором 240, например, системой сортировки/диспетчеризации, электроникой с ручной связью, электроникой со считыванием и ручным вводом в другую систему, механикой и оборудованием, связанными с системой сортировки/диспетчеризации, механикой с ручной связью, механикой со считыванием и/или ручным вводом в другие системы. Идентификация вагона для использования системой может вводиться в систему вручную или посредством идентификатора 280 вагона, который может включать в себя электронную метку, радиочастотную (RF) метку и/или штрихкод.

В других иллюстративных вариантах осуществления конфигурация измерительной системы может включать в себя ручной диспетчер сортировочной станции с электронным вводом данных, ручной диспетчер сортировочной станции с ручным вводом данных, электронный диспетчер сортировочной станции с ручным вводом данных, электронный диспетчер сортировочной станции с электронным вводом данных, ручной составитель поездной ведомости, электронный составитель поездной ведомости, ручную сетевую систему с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления ручной сортировочной системы, ручную сетевую систему с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления электронной сортировочной системы, электронную сетевую систему с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления ручной сортировочной системы, электронную сетевую систему с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления электронной сортировочной системы, ручной оптимизатор движения с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления ручной сортировочной системы, ручной оптимизатор движения с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления электронной сортировочной системы, электронный оптимизатор движения с данными из справочника/таблицы/электроники

для вычисления ручной сортировочной системы, электронный оптимизатор движения с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления электронной сортировочной системы, ручной оптимизатор движения с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления ручной системы путей/веток/стрелок, ручной оптимизатор движения с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления электронной системы путей/веток/стрелок, электронный оптимизатор движения с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления ручной системы путей/веток/стрелок и/или электронный оптимизатор движения с данными из справочника/таблицы/электроники для вычисления электронной системы путей/веток/стрелок.

Данные измерений, полученные системой, можно использовать для управления работой поезда для ограничения рабочего параметра, выравнивания рабочих параметров, ослабления ограничений параметров, оптимизации рабочих параметров до поездки/при сборке, оптимизации рабочих параметров в реальном времени, оптимизации рабочих параметров для всего маршрута, оптимизации рабочих параметров для участков маршрута, оптимизации рабочих параметров с единичным вводом, оптимизации рабочих параметров с множественными наборами входных данных, и/или оптимизации диагностики и обслуживания вагонов.

Источники данных, используемые для хранения данных в системе, могут включать в себя придорожные электронные блоки 260, вагонные электронные устройства, например устройство 230 сбора данных, локомотив 250, и/или центральный регулятор 240, например, сортировочную систему или систему диспетчеризации. Приемники данных, используемые для приема данных измерений, могут включать в себя автономный компьютер, оперативную локомотивную систему, оперативную сортировочную систему, автономную сортировочную систему, оперативную систему диспетчеризации, автономную систему диспетчеризации, оперативное придорожное оборудование, автономное придорожное оборудование, оперативный сетевой оптимизатор, автономный сетевой оптимизатор и/или системы расчета.

Методы оптимизации, которые можно использовать для обработки данных измерений для генерации оптимизированных рабочих параметров, могут включать в себя релаксацию с последующей аппроксимацией, временные ряды Тейлора, нейронные сети, преобразования, обучаемые поисковые таблицы, методы на основе основных сил и/или фильтрацию Калмана.

Согласно иллюстративному варианту осуществления предусмотрено удаленное положение, в порядке примера, но не ограничения, региональный и/или национальный центр 310, где поддерживается государственная база 320 данных информации вагонов. Эту государственную базу 320 данных можно использовать в качестве ресурса при составлении поездов. Ее также можно использовать для модельного анализа. Согласно типу предоставляемой информации эту базу 320 данных также могут использовать государственные органы для решения транспортных задач и/или вопросов безопасности. Государственная база данных и регулятор 240 обмениваются информацией. При получении новой информации от регулятора 240 информация в государственной базе 320 данных обновляется. Связь между регулятором 240 и государственной базой 320 данных может защищаться, в порядке примера, но не ограничения, методами шифрования и/или аутентификации. Согласно другому иллюстративному варианту осуществления может существовать совокупность региональных баз данных, которые поддерживают связь друг с другом, как раскрыто выше в отношении связи государственной базы данных с регулятором 240. Согласно иллюстративному варианту осуществления сеть 265, по которой осуществляется связь, может быть защищена от

пиратских атак сторонних агентов.

На фиг.12 показана логическая блок-схема способа определения параметров вагона, используемых для улучшения работы поезда. Специалистам в данной области техники очевидно, что этапы способа, изображенные на логической блок-схеме 330, могут осуществляться автоматически и/или автономно. Этапы включают в себя определение параметров вагона поезда, этап 335, и создание плана поездки на основании параметра вагона в соответствии с, по меньшей мере, одним эксплуатационным критерием для поезда, этап 340. Дополнительные этапы могут включать в себя определение положения вагона в поезде на основании, по меньшей мере, одного параметра вагона. Кроме того, как рассмотрено выше, порядок вагонов в поезде может устанавливаться на основании параметров вагонов. Также, согласно раскрытому выше, эти этапы, этапы 335 и/или 340, можно реализовать с использованием компьютерного программного кода и/или другого метода, реализованного на процессоре.

Согласно другому иллюстративному варианту осуществления придорожные устройства чтения меток автоматической идентификации оборудования (AEI), которые составляют часть железнодорожной системы классификации, используются для считывания информации, обычно информации поездной ведомости, из вагонов. Железнодорожные системы классификации необходимы для обеспечения достоверных поездных ведомостей для решения задач сортировки и переправки вагонов. Большинство систем получает эти поездные ведомости из баз данных в корпоративной сети. После формирования поезда список вагонов в этом поезде загружается в базу данных персоналом сортировочной станции и/или системами AEI. Таким образом, информация может считываться из железнодорожных транспортных средств при прохождении ими мимо устройств считывания меток AEI, обычно после прохождения всего поезда.

Согласно иллюстративному варианту осуществления считанная информация передается на локомотив, в частности на оптимизатор движения, где информация используется для обновления плана поездки и/или для создания будущего плана поездки. Информация может обновляться по мере добавления и/или отцепления вагонов в назначенных пунктах назначения.

Хотя изобретение было описано со ссылкой на иллюстративный вариант осуществления, специалистам в данной области техники очевидно, что можно делать различные изменения, исключения и/или добавления и что его элементы можно заменять их эквивалентами, не выходя за рамки сущности и объема настоящего изобретения. Кроме того, допустимы многочисленные модификации для адаптации конкретной ситуации или материала к принципам настоящего изобретения без отхода от его объема. Таким образом, следует понимать, что изобретение не ограничивается конкретными вариантами осуществления, раскрытыми как предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения, а охватывает все варианты осуществления, отвечающие объему прилагаемой формулы изобретения. Кроме того, если не указано конкретно, любое использование терминов первый, второй и т.д. не означает какого-либо порядка или степени важности, но термины первый, второй и т.д. используются для различения одного элемента от другого.

Формула изобретения

1. Способ оптимизации работы поезда, при котором: определяют параметр для, по меньшей мере, одного железнодорожного вагона, не являющегося локомотивом и подлежащего включению в поезд, причем параметр включает в себя, по меньшей мере, осевую нагрузку вагона, не являющегося локомотивом; и

создают план поездки поезда на основании указанного параметра в соответствии с, по меньшей мере, одним эксплуатационным критерием для поезда.

2. Способ по п. 1, при котором параметр железнодорожного вагона выбирают из, по меньшей мере, одного из веса, трения, аэродинамического сопротивления, осевых

5 нагрузок на колеса, вертикальных нагрузок на колеса и поперечных нагрузок на колеса.

3. Способ по п. 1, при котором дополнительно определяют положение для железнодорожного вагона в поезде на основании параметра железнодорожного вагона.

4. Способ по п. 1, при котором дополнительно оптимизируют зависимость скорости от расхода топлива поезда и/или выбросы поезда на основании параметра

10 железнодорожного вагона.

5. Способ по п. 1, при котором дополнительно передают данные параметров железнодорожного вагона на удаленную центральную базу данных.

6. Способ по п. 5, при котором дополнительно защищают передачу на удаленную центральную базу данных и из нее.

15 7. Способ по п. 2, при котором дополнительно определяют, обусловлено ли изменение нагрузки на ось смещением жидкости в железнодорожном вагоне и/или сдвигом закрепленного груза на железнодорожном вагоне.

8. Способ по п. 1, при котором дополнительно сокращают время станционного обслуживания поезда на основании параметра железнодорожного вагона.

20 9. Способ по п. 1, при котором дополнительно определяют нагрузочную характеристику железнодорожного вагона в поезде на основании, по меньшей мере, одного из веса, сопротивления и криволинейной характеристики.

10. Способ по п. 1, при котором дополнительно оптимизируют работу поезда с распределением мощности и/или поезда без распределения мощности на основании

25 параметра железнодорожного вагона.

11. Способ по п. 1, при котором дополнительно обеспечивают совокупность железнодорожных вагонов, причем порядок размещения железнодорожных вагонов в поезде определяется на основании параметра железнодорожного вагона.

30 12. Способ по п. 1, при котором дополнительно управляют поездом на основании созданного плана поездки.

13. Способ по п. 1, при котором при определении параметра железнодорожного вагона дополнительно определяют параметр вагона путем прохождения заранее определенного участка пути.

35 14. Способ по п. 1, при котором дополнительно определяют данные для железнодорожного вагона путем считывания информации, содержащейся на идентификационной бирке, присоединенной к железнодорожному вагону.

15. Способ по п. 1, при котором параметр железнодорожного вагона выбирают из, по меньшей мере, одного из осевой нагрузки на железнодорожный вагон или информации о грузе, расположенном на железнодорожном вагоне.

40 16. Система для оптимизации работы поезда во время рейса поезда путем определения параметра железнодорожного вагона поезда, содержащая

систему измерения параметра вагона для измерения, по меньшей мере, одного параметра, связанного с железнодорожным вагоном поезда, причем железнодорожный вагон не является локомотивом, причем параметр включает в себя, по меньшей мере,

45 осевую нагрузку вагона,

центральный регулятор,

сеть связи, обеспечивающую связь между системой измерения параметра и центральным регулятором,

при этом система измерения параметра выполнена с возможностью предоставления параметра вагона, не являющегося локомотивом, на центральный регулятор, причем центральный регулятор, выполнен с возможностью определения, по меньшей мере, профиля состава поезда для всех железнодорожных вагонов в поезде или плана поездки для рейса поезда на основании параметров железнодорожного вагона.

17. Система по п. 16, в которой система измерения параметров дополнительно содержит бортовой датчик или небортовой датчик для определения параметра железнодорожного вагона.

18. Система по п. 17, в которой бортовой датчик и небортовой датчик определяют, по меньшей мере, одно из веса, трения, аэродинамического сопротивления, осевых нагрузок колеса, вертикальных нагрузок колеса и поперечных нагрузок колеса для железнодорожного вагона.

19. Система по п. 16, дополнительно содержащая удаленную базу данных и/или портативное устройство сбора данных.

20. Система по п. 19, в которой сеть связи обеспечивает связь между, по меньшей мере, двумя измерительными системами, центральным регулятором, удаленной базой данных, портативным устройством сбора данных, придорожным устройством, небортовым датчиком, локомотивом и железнодорожным вагоном.

21. Система по п. 19, в которой сеть связи является защищенной сетью связи.

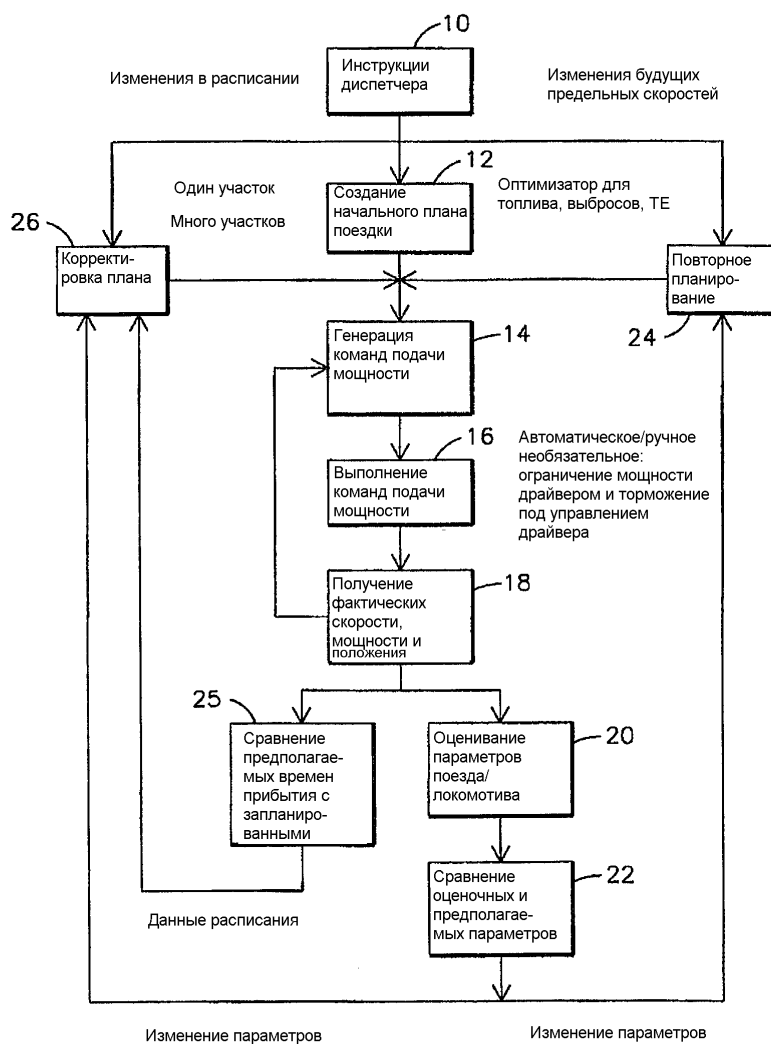
22. Система по п. 16, в которой центральный регулятор дополнительно содержит процессор.

23. Система по п. 19, в которой удаленная база данных содержит данные параметров для совокупности железнодорожных вагонов.

24. Система по п. 16, дополнительно содержащая идентификационный маркер, присоединенный к железнодорожному вагону, устройство считывания идентификационного маркера, расположенное вблизи пути, по которому проходит железнодорожный вагон, для сбора информации от маркеров, при этом центральный регулятор выполнен с возможностью связи с устройством считывания идентификационного маркера, и информация, связанная с идентификационным маркером, используется для определения характеристик железнодорожного вагона.

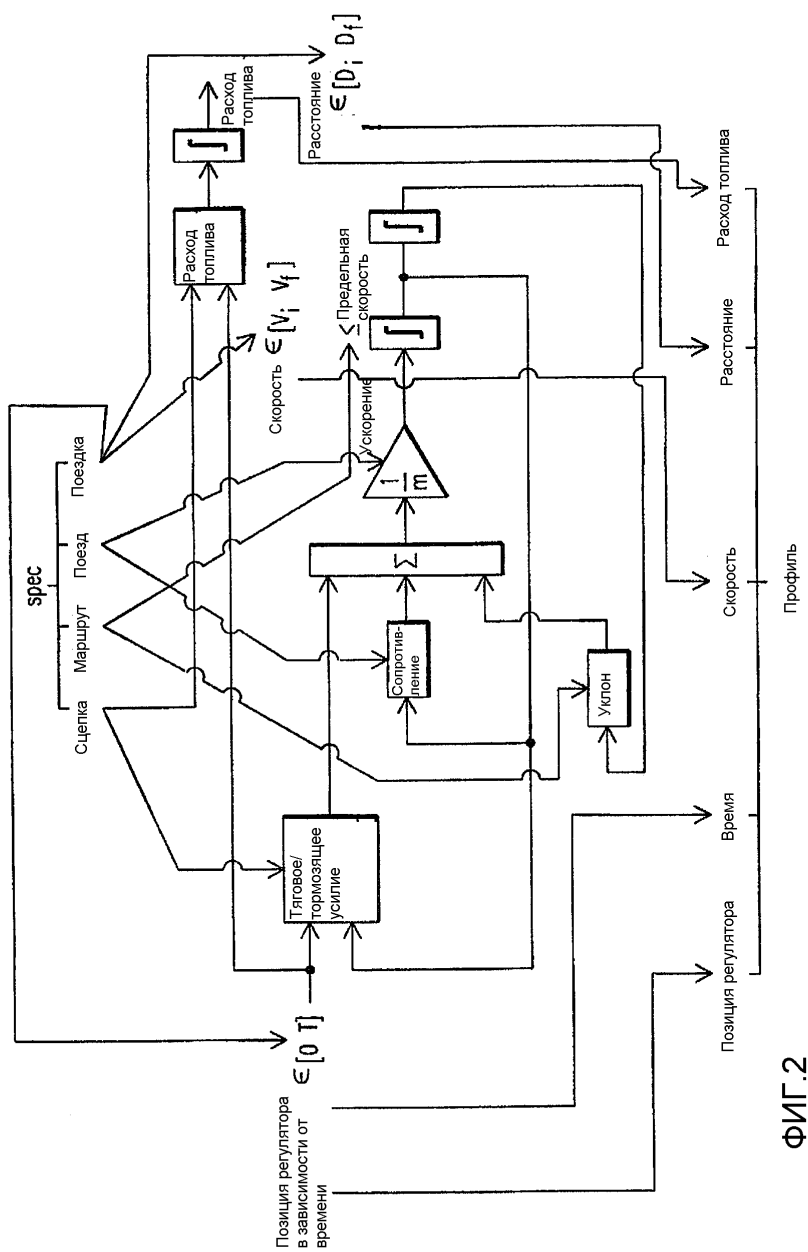
25. Система по п. 24, в которой информация, связанная с идентификационным маркером, поступает на оптимизатор движения для использования при определении плана поездки.

1/11

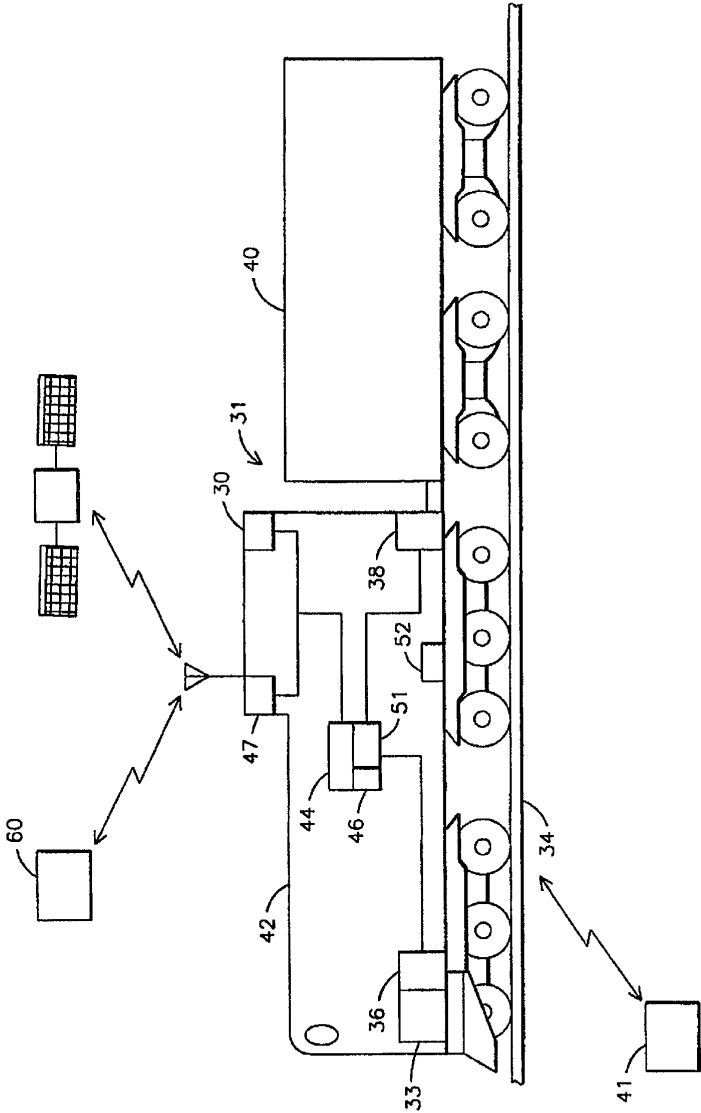


ФИГ.1

2/11

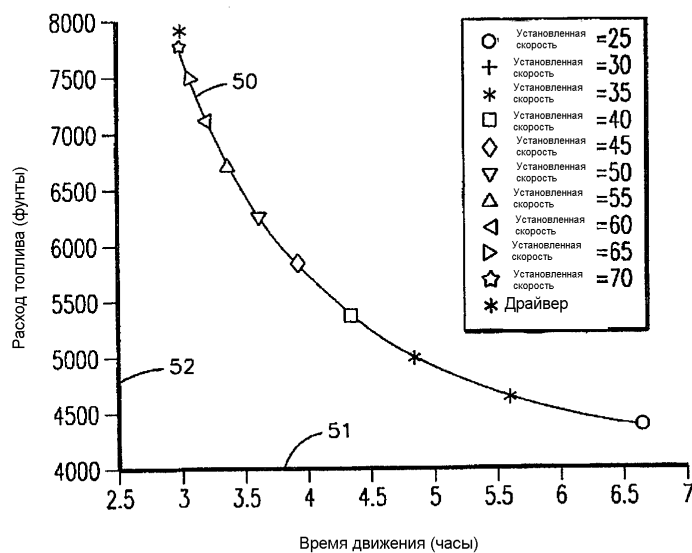


ФИГ.2

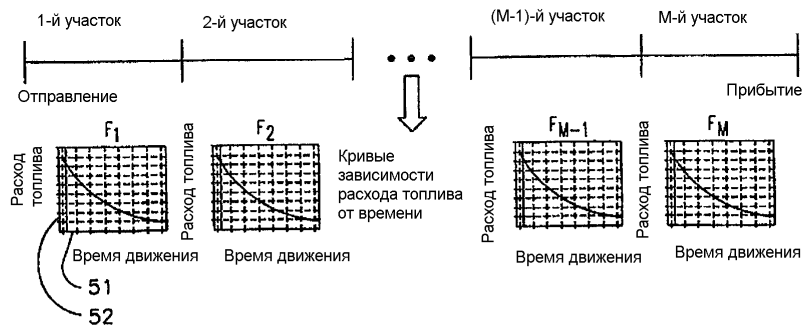


ФИГ.3

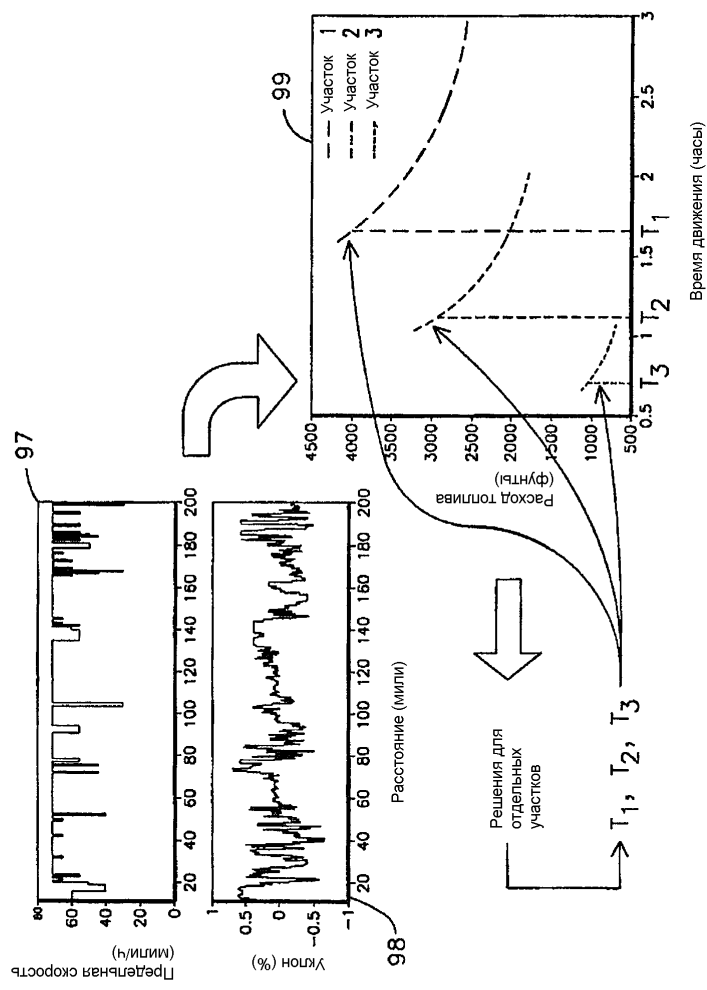
4/11



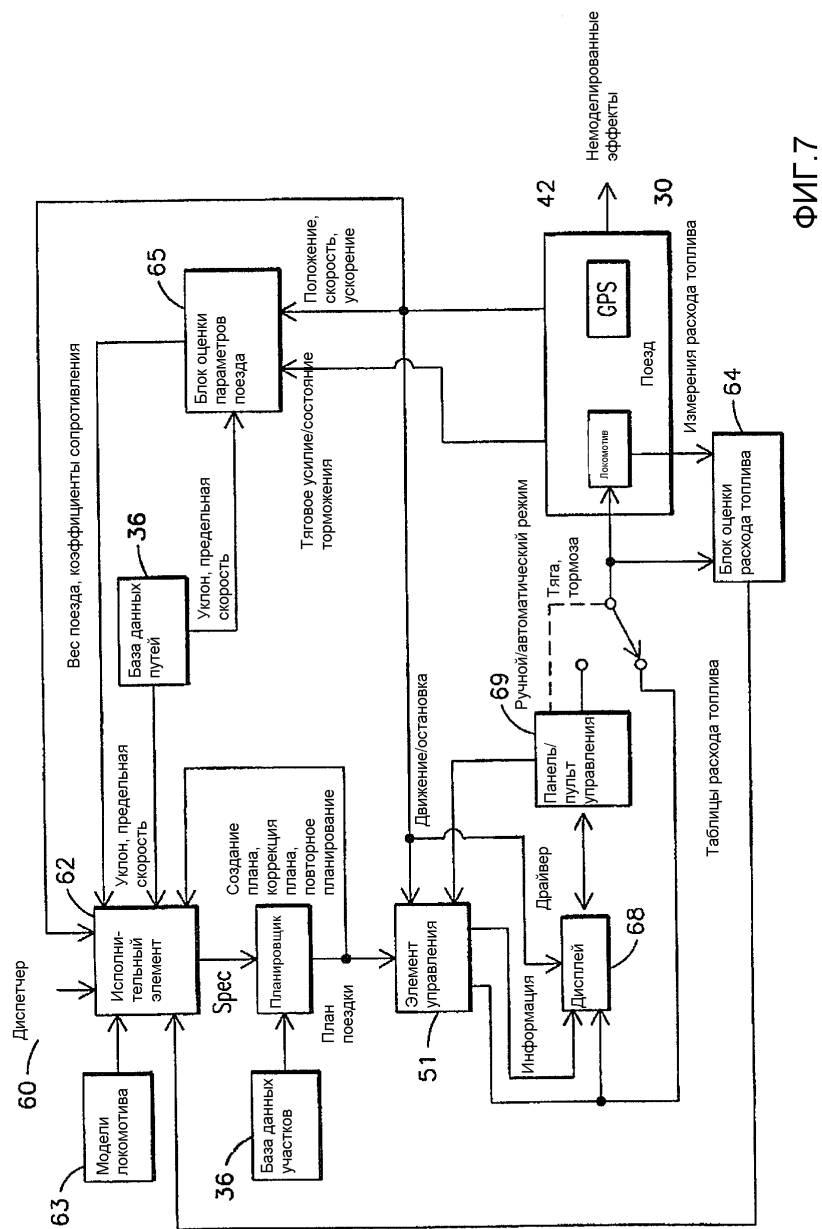
ФИГ.4



ФИГ.5

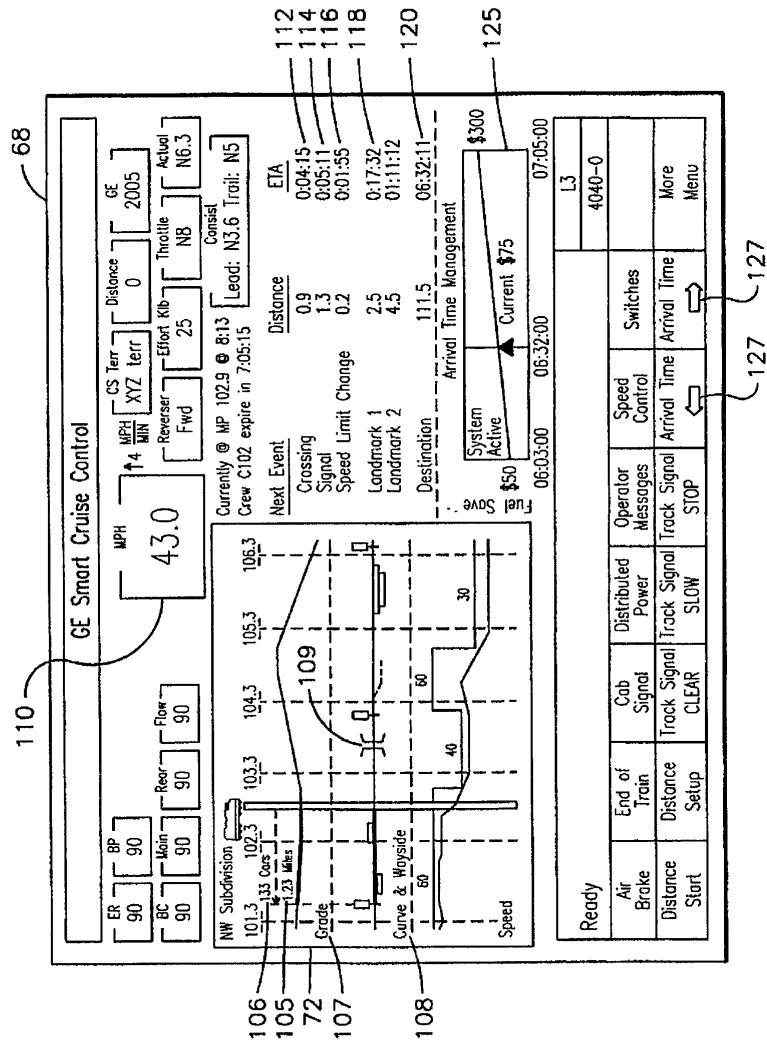


ФИГ.6

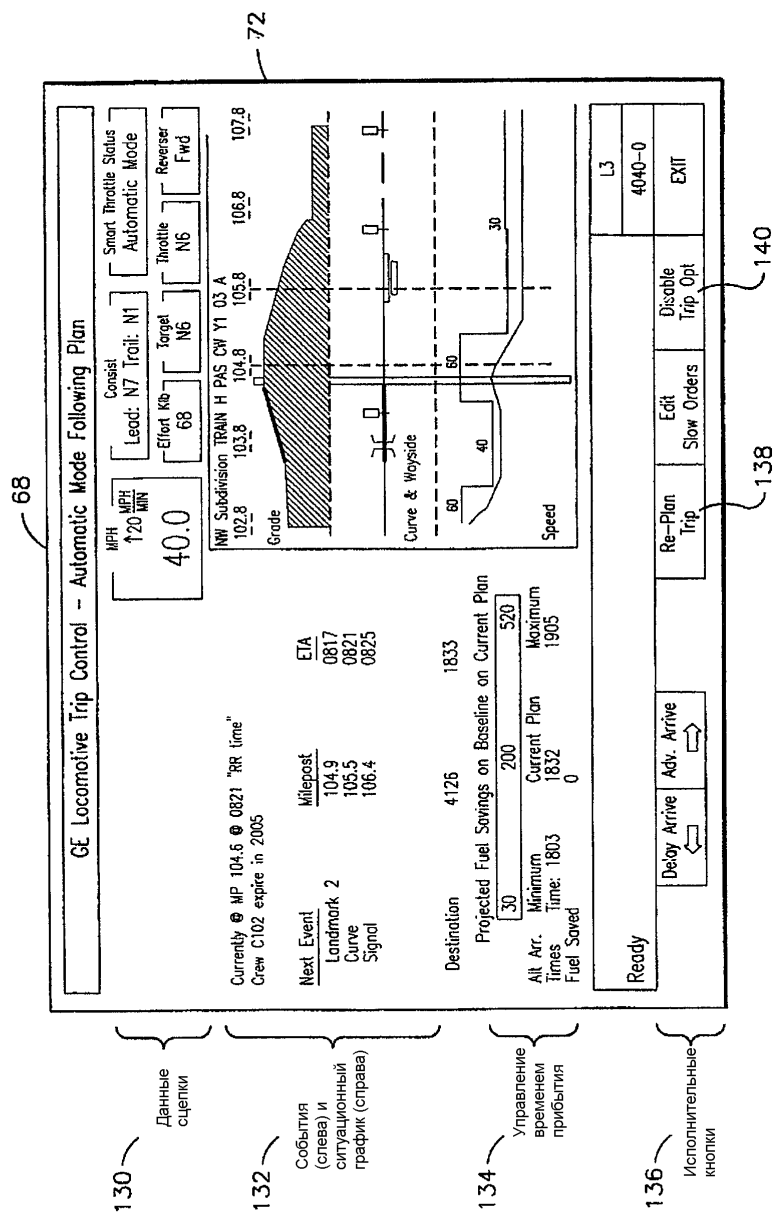


ФИГ.7

7/11

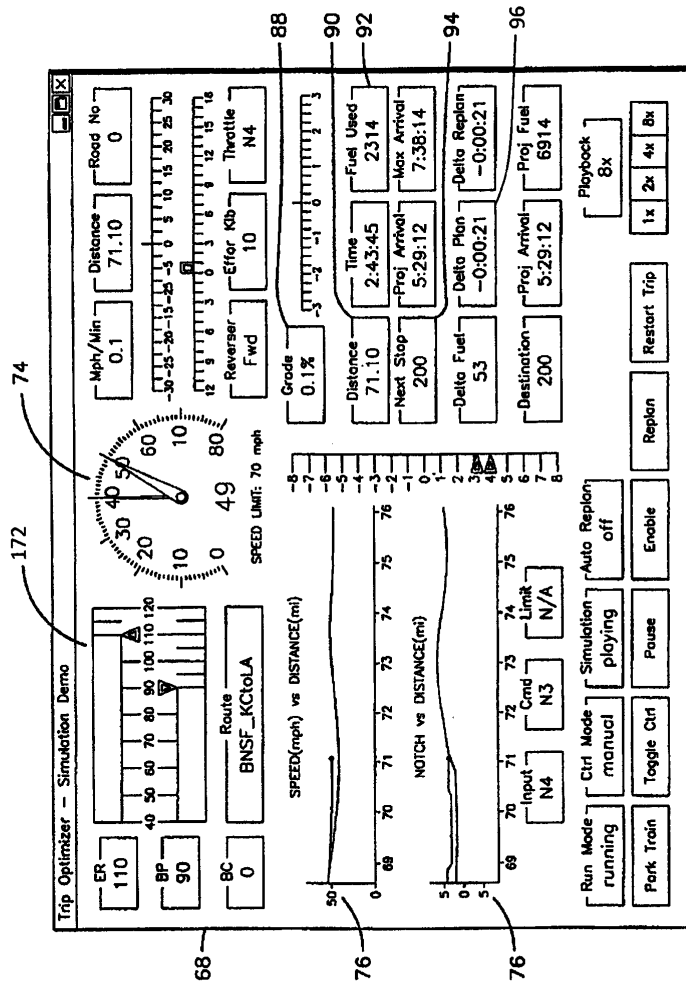


ФИГ.8

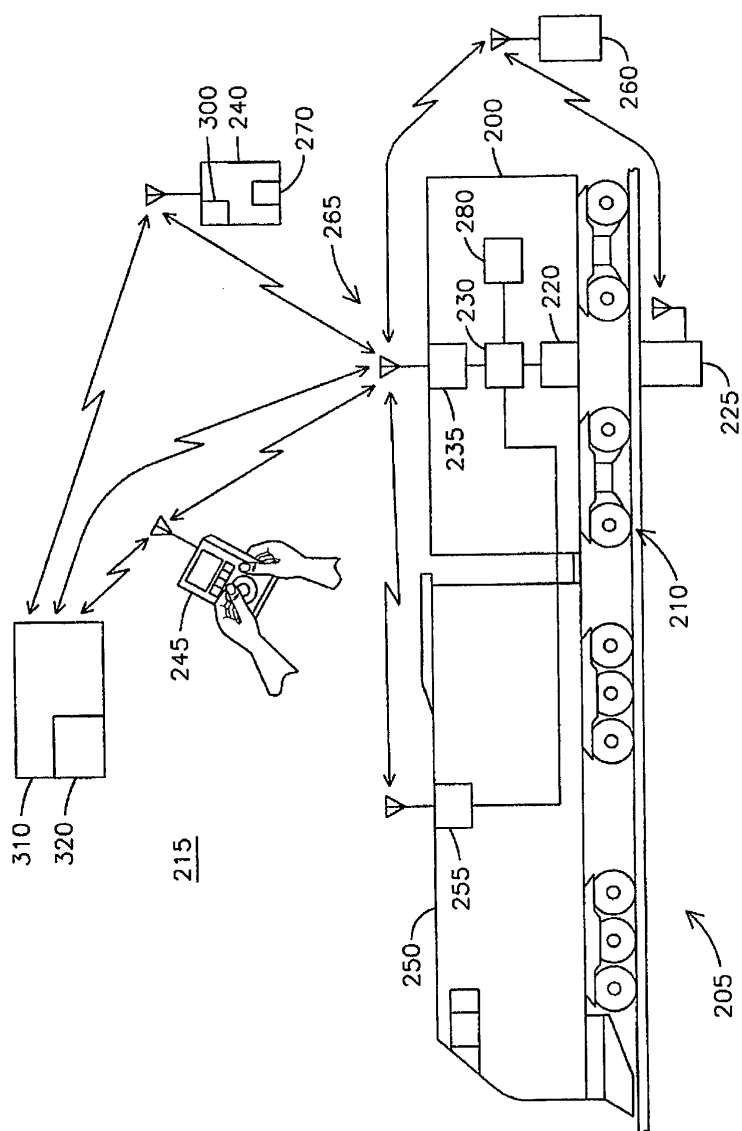


ΦΙΓ.9

9/11

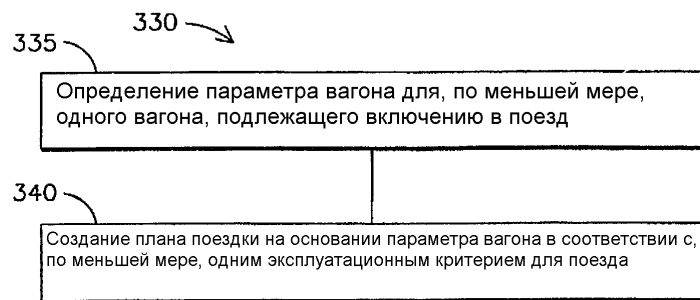


ФИГ.10



ΦΙΓ.11

11/11



ФИГ.12