



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2008108985/11, 10.09.2007**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.09.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
07.12.2006 US 11/608,066
08.12.2006 US 11/608,257

(43) Дата публикации заявки: **20.09.2009** Бюл. № 26

(45) Опубликовано: **27.05.2013** Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2238860 C1, 27.10.2004. WO 99/14093 A1, 25.03.1999. US 2003/0034423 A1, 20.02.2003. RU 2237589 C1, 10.10.2004.**

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **07.03.2008**

(86) Заявка РСТ:
US 2007/078016 (10.09.2007)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2008/073546 (19.06.2008)

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

**КУМАР Аджит Куттаннаир (US),
ШЭФФЕР Гленн Роберт (US),
ЛОРИ Брайан Д. (US),
ДАУМ Вольфганг (US)**

(73) Патентообладатель(и):

ДЖЕНЕРАЛ ЭЛЕКТРИК КОМПАНИ (US)

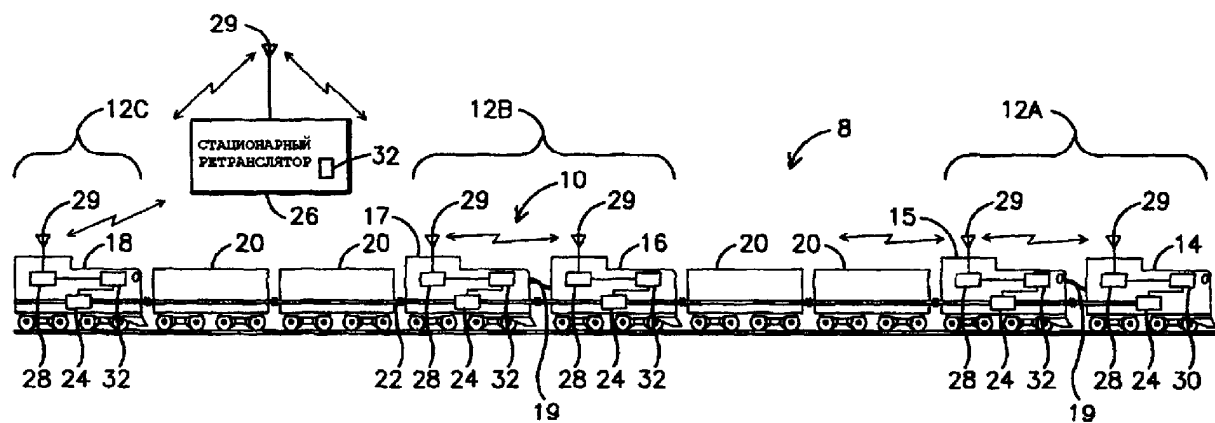
(54) СПОСОБ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПОЕЗДА ДЛЯ ПОЕЗДА, ВКЛЮЧАЮЩЕГО В СЕБЯ МНОЖЕСТВЕННЫЕ ЛОКОМОТИВЫ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПОДАЧЕЙ МОЩНОСТИ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к оптимизации работы поезда с распределенной подачей мощности. Способ эксплуатации железнодорожного транспортного средства заключается в том, что определяют на борту транспортного средства план поездки. План поездки предписывает требуемые скорости, с которыми должно следовать транспортное средство, при этом предписанные скорости выражены как функции расстояния или времени во время поездки. Также определяют установочные параметры для первого

моторизованного звена и второго моторизованного звена транспортного средства с целью обеспечения перемещения транспортного средства с заданными скоростями плана поездки. В другом варианте способа эксплуатации поезда дополнительно определяют установочные параметры на борту поезда для первого и второго локомотива, при этом установочный параметр для первого локомотива отличается от установочного параметра второго локомотива, а план поездки определяют на основе данных, касающихся, по меньшей мере, одного из поезда или пути

Решение направлено на оптимизацию работы поезда. 2 н. и 15 з.п. ф-лы, 12 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

B61C 17/12 (2006.01)**B61L 25/00** (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2008108985/11, 10.09.2007**(24) Effective date for property rights:
10.09.2007

Priority:

(30) Convention priority:
07.12.2006 US 11/608,066
08.12.2006 US 11/608,257(43) Application published: **20.09.2009 Bull. 26**(45) Date of publication: **27.05.2013 Bull. 15**(85) Commencement of national phase: **07.03.2008**(86) PCT application:
US 2007/078016 (10.09.2007)(87) PCT publication:
WO 2008/073546 (19.06.2008)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

KUMAR Adzhit Kuttannair (US),
ShEhFFER Glenn Robert (US),
LORI Brajan D. (US),
DAUM Vol'fgang (US)

(73) Proprietor(s):

DZhENERAL EhLEKTRIK KOMPANI (US)(54) **METHOD FOR OPTIMISING OPERATION OF TRAIN WITH MULTIPLE LOCOMOTIVES WITH DISTRIBUTED POWER FEED**

(57) Abstract:

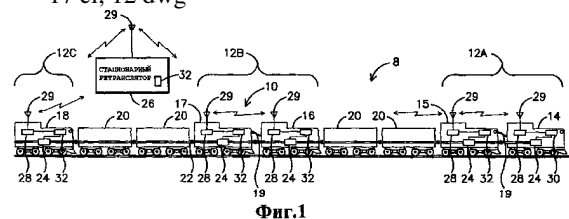
FIELD: transport.

SUBSTANCE: set of invention relates to optimisation of operation of train with distributed power feed. Proposed method consists in scheduling of trip aboard the locomotive. Prepared schedule sets required speeds expressed in the function of distance or trip duration. Besides, setting parameters for first motorised link and second motorised link are defined to ensure train motion at preset speeds specified by aforesaid schedule. In compliance with another version, additionally defined are setting parameters for first and second locomotives. Note here that said setting parameter for first locomotive

differs from that for second locomotive. Note that scheduling is made on the basis of data related with, at least, one of the train or train router and without allowance from all other trains moving in railway network wherein train moves.

EFFECT: optimised train operation.

17 cl, 12 dwg



Фиг.1

Текст описания приведен в факсимильном виде.

ССЫЛКИ НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

5 Данная заявка является частичным продолжением патентной
заявки US 11/385,354 от 20 марта 2006 г.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

10 Варианты осуществления настоящего изобретения относятся к
оптимизации работы поезда, содержащего множество локомотивных
цепок с распределенной подачей мощности, посредством
15 мониторинга и контроля работы поезда для повышения эффективности
с учетом ограничений, налагаемых расписанием.

20 ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

 Локомотив является сложной системой с многочисленными
подсистемами, причем каждая подсистема взаимосвязана с другими
25 подсистемами. Машинист на локомотиве применяет тяговое и
тормозящее усилие для управления скоростью локомотива и его
30 нагрузкой, чтобы гарантировать безопасное и своевременное
прибытие в нужный пункт назначения. Управление скоростью также
нужно применять для поддержания внутripоездных сил в допустимых
35 пределах, тем самым избегая чрезмерных сил автосцепки и
возможности разрыва поезда. Для осуществления этой функции и
40 согласования с предписанными рабочими скоростями, которые могут
изменяться в зависимости от положения поезда на пути, машинист,
в общем случае, должен иметь большой опыт вождения локомотива по
45 указанной местности с различными вагонными сцепками.

Однако, даже при наличии достаточной информации и опыта для обеспечения безопасной работы, машинист, не может управлять локомотивом так, чтобы минимизировать расход топлива (или другие рабочие характеристики, например, выбросы) во время поездки. На расход топлива влияют множественные эксплуатационные факторы, включающие в себя, например, ограничения по выбросам, характеристики расхода топлива/выбросов локомотива, размер и нагрузка вагонов, погодные условия, условия движения и рабочие параметры локомотива. Машинист может более эффективно и экономично управлять поездом (путем применения тягового и тормозящего усилий), располагая информацией управления, которая оптимизирует работу в ходе поездки, в то же время, следуя расписанию (времени прибытия) и используя минимальное количество топлива (или оптимизируя другой рабочий параметр), несмотря на многочисленные переменные, влияющие на работу. Таким образом, желательно, чтобы машинист управлял поездом под руководством (или контролем) устройства или процесса, которое(ый) рекомендует прикладывать тяговое и тормозящее усилия для оптимизации одного или нескольких рабочих параметров.

Поезд 8 с распределением мощности (фиг.1 и 2) содержит локомотивы 14-18, распределенные с промежутками по железнодорожному составу. Помимо головной локомотивной сцепки 12А, включающий в себя локомотивы 14 и 15, поезд 8 содержит одну или несколько дополнительных локомотивных сцепок (именуемых удаленными сцепками) и их локомотивы (именуемые удаленными звеньями или удаленными локомотивами) 12В и 12С. Удаленная сцепка 12В содержит удаленные локомотивы 16 и 17; удаленная

сцепка 12С содержит удаленный локомотив 18. Поезд с распределением мощности может улучшать работу и управление поезда за счет применения тягового и тормозящего усилий в положениях, отличных от головы поезда.

Локомотивы удаленных сцепок 12В и 12С подчиняются командам, выдаваемым головным звеном 14 и передаваемым по системе связи 10. Такие команды, например, могут предписывать удаленным звеньям прилагать тормозящее или тяговое усилие. Система связи 10, именуемая распределенной системой передачи мощности, также переносит ответы удаленного звена на команды головного звена, сообщения тревожной ситуации удаленного звена и данные рабочих параметров удаленного звена. Передачи удаленного звена передаются на головное звено 14 для привлечения внимания механика. Обычно распределенная система передачи мощности предполагает деление поезда на головную сцепку и порядка четырех удаленных сцепок, причем голова независимо управляет каждой удаленной сцепкой.

Типы, содержание и формат различных сообщений, передаваемых по системе связи 10, подробно описаны в принадлежащих нам патентах США №№5,039,038 и 4,582,580.

Для удаленной сцепки, включающей в себя два или более локомотива, один из локомотивов сцепки называется головным звеном удаленной сцепки, например, локомотив 16 удаленной сцепки 12В. Головное звено 16 удаленной сцепки принимает команды и сообщения от головного звена 14, выполняет, по мере необходимости, команды и сообщения и выдает соответствующие команды и сообщения на связанный локомотив 17 по соединительному

кабелю 19 (именуемому поездной линией связи или линией МУ
множественных звеньев). Головное звено 14 также управляет
5 работой связанного локомотива 15, выдавая команды через линию МУ
19, соединяющую два локомотива.

Система связи 10 обеспечивает связь между головным звеном
10 14 и стационарными установками, например, диспетчерским центром,
центром мониторинга и диагностики локомотивов, депо, погрузочно-
15 разгрузочной службой и придорожным оборудованием. Например,
удаленными сцепками 12В и 12С можно управлять либо с головного
звена 14 (фиг.1), либо из контрольно-диспетчерского пункта 40
20 (фиг.2).

Следует понимать, что единственная разница между системами,
показанными на фиг.1 и 2, состоит в том, что команды и сообщения
25 поступают не от головного звена 14, как показано на фиг.1, а от
контрольно-диспетчерского пункта 40, как показано на фиг.2.
30 Обычно контрольно-диспетчерский пункт 40 осуществляет связь с
головным звеном 14, который, в свою очередь, осуществляет связь
с локомотивом 15 по линии МУ 17 и с удаленными сцепками 12В и
35 12С посредством системы связи 10.

Поезд 8 с распределением мощности (фиг.1 и 2) дополнительно
40 содержит совокупность вагонов 20, расположенных между головной
сцепкой 12А и удаленными сцепками 12В/12С. Конфигурация сцепок
12А-12С и вагонов 20 является иллюстративной, и настоящее
45 изобретение применимо к другим конфигурациям
локомотивов/вагонов.

Вагоны 20 содержат пневматическую тормозную систему (не
50 показана), которая осуществляет пневматическое торможение вагона

в случае спада давления в тормозной магистрали 22 и отпускает
пневматические тормоза в случае роста давления в тормозной
5 магистрали 22. Тормозная магистраль 22 проходит вдоль поезда для
переноса изменений давления воздуха, определяемых отдельными
регуляторами 24 пневматического тормоза в головном звене 14 и в
10 удаленных звеньях 16-18.

В определенных вариантах применения, стационарный
ретранслятор 26 располагается в пределах дальности радиосвязи от
15 поезда 8 для ретрансляции сигналов связи между головным звеном
14 и удаленными сцепками 12В и 12С по системе связи 10.

Каждый из локомотивов 14-18, стационарный ретранслятор 26 и
контрольно-диспетчерский пункт 40 содержит приемопередатчик 28,
снабженный антенной 29, для приема и передачи сигналов по
25 системе связи 10. Приемопередатчик 28 в головном звене 14 связан
с головным регулятором 30 для генерации и выдачи команд и
сообщений от головного звена 14 на удаленные сцепки 12В и 12С и
30 приема от них ответных сообщений. Команды генерируются в
головном регуляторе 30 в соответствии с манипуляциями машиниста
с регуляторами тяги и торможения на головном звене 14. Каждый
35 локомотив 15-18 и стационарный ретранслятор 26 содержит
удаленный регулятор 32 для обработки и реагирования на принятые
40 сигналы и для выдачи ответных сообщений, сигналов и команд.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задачей настоящего изобретения является оптимизация работы
45 поезда. Согласно одному варианту осуществления, задача согласно
настоящему изобретению решена путем создания системы для
50 эксплуатации железнодорожного транспортного средства, содержащей

головное моторизованное звено и неголовное моторизованное звено, при движении по пути. Система содержит первый элемент для
5 определения положения железнодорожного транспортного средства или времени с начала текущей поездки, процессор, способный принимать информацию от первого элемента, и алгоритм,
10 реализованный в процессоре, имеющий доступ к информации для создания плана поездки, который оптимизирует работу головного звена и/или неголовного звена в соответствии с одним или
15 несколькими эксплуатационными критериями для одного или нескольких из железнодорожного транспортного средства, головного звена и неголовного звена.
20

Согласно другому варианту осуществления, поставленная задача согласно настоящему изобретению решена путем создания
25 способа эксплуатации железнодорожного транспортного средства, содержащего головное звено и неголовное звено, при движении по пути. Способ содержит этапы, на которых определяют рабочие
30 параметры и эксплуатационные ограничения железнодорожного транспортного средства и выполняют алгоритм согласно рабочим параметрам и эксплуатационным ограничениям для создания плана
35 поездки железнодорожного транспортного средства, который по отдельности оптимизирует работу головного звена и неголовного звена, в котором выполнение плана поездки допускает независимое
40 управление головным звеном и неголовным звеном.

Согласно еще одному варианту осуществления, задача согласно изобретению решена путем компьютерного программного продукта для
45 управления железнодорожным транспортным средством, содержащим компьютерный процессор, головное звено и неголовное звено, при
50

движении по пути. Компьютерный программный продукт содержит программный модуль для определения рабочих параметров и эксплуатационных ограничений железнодорожного транспортного средства и программный модуль для выполнения алгоритма согласно рабочим параметрам и эксплуатационным ограничениям для создания плана поездки железнодорожного транспортного средства, который независимо оптимизирует работу головного звена и неголовного звена, в котором выполнение плана поездки допускает независимое управление головным звеном и неголовным звеном.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

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

фиг.1 и 2 изображают поезда с распределением мощности;

фиг.3 – логическую блок-схему одного варианта осуществления настоящего изобретения;

фиг.4 – упрощенную модель поезда, которую можно применять, согласно изобретению;

фиг.5 – вариант осуществления элементов поезда, согласно изобретению;

фиг.6 – вариант кривой расхода топлива/времени движения, согласно изобретению;

фиг.7 - вариант осуществления разбиения на участки для планирования поездки;

5 фиг.8 - вариант осуществления примера разбиения, согласно изобретению;

10 фиг.9 - логическую блок-схему одного варианта осуществления настоящего изобретения;

15 фиг.10 - динамический дисплей для использования машинистом, согласно изобретению;

 фиг.11 - динамический дисплей (второй вариант) для использования машинистом, согласно изобретению;

20 фиг.12 - динамический дисплей (третий вариант) для использования машинистом, согласно изобретению.

25 ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ВОПЛОЩЕНИЙ

НАСТОЯЩЕГО ИЗОБРЕТЕНИЯ

 Иллюстративные варианты осуществления настоящего
30 изобретения решают проблемы, известных устройств, путем создания системы, способа и компьютерно-реализуемого способа определения
 и реализации стратегии управления поездом, включающим в себя
35 локомотивную сцепку и совокупность вагонов, путем мониторинга и контроля (непосредственно или в соответствии с действиями
40 машиниста) работы поезда для улучшения определенных объективных рабочих параметров в соответствии с расписанием движения поезда
 и скоростными ограничениями. Варианты осуществления настоящего
45 изобретения также применимы к поезду, включающему в себя совокупность локомотивных сцепок, именуемому поездом с
50 распределением мощности.

 Специалистам в данной области техники очевидно, что

устройство, например система обработки данных, включающее в себя ЦП, память, устройство ввода/вывода, блок хранения 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.

Согласно другому варианту осуществления, изделие, 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, предписывающую системе обработки данных выполнять способы настоящего изобретения. Такие устройство и изделия производства также отвечают сущности и объему настоящего изобретения.

В широком смысле, аспекты настоящего изобретения предусматривают способ, устройство и программу для определения и реализации стратегии управления поездом для улучшения определенных объективных рабочих параметров в то же время, удовлетворяя расписанию и скоростным ограничениям. Для облегчения понимания настоящего изобретения, они описаны ниже со ссылкой на конкретные варианты реализации. Изобретение описано в общем контексте компьютерно-выполняемых инструкций, например, программных модулей, выполняемых компьютером. В общем случае, программные модули включают в себя процедуры, программы, объекты, компоненты, структуры данных, и т.д., которые 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
5 разными платформами обработки данных. В нижеследующем описании примеры настоящего изобретения описаны применительно к веб-порталу, который использует веб-браузер. Однако очевидно, что
10 принципы, лежащие в основе вариантов осуществления настоящего изобретения, можно реализовать посредством других типов компьютерного программного обеспечения.
15

Кроме того, специалистам в данной области техники очевидно, что варианты осуществления изобретения можно осуществлять на
20 практике с другими конфигурациями компьютерной системы, включающими в себя карманные устройства, многопроцессорные системы, бытовую электронику на базе микропроцессора или с
25 возможностью программирования, миникомпьютеры, универсальные компьютеры и пр. Эти варианты также можно осуществлять на практике в распределенной вычислительной среде, где задания
30 выполняются удаленными устройствами обработки, которые связаны друг с другом сетью связи. В распределенной вычислительной
35 среде, программные модули могут размещаться как на локальных, так и на удаленных компьютерных носителях, включающих в себя запоминающие
40 устройства. Эти локальные и удаленные вычислительные среды могут содержаться целиком в локомотиве, или в соседних локомотивах сцепки или вне поезда, в придорожных или
45 центральных службах, причем предусмотрена беспроводная связь между вычислительными средами.

50 Термин локомотивная сцепка означает один или несколько локомотивов подряд, соединенных друг с другом для обеспечения

движущей и/или тормозящей способности, причем вагоны между локомотивами отсутствуют, например, локомотивные сцепки 12А, 12В и 12С (фиг.1). Поезд может содержать одну или несколько локомотивных сцепок, например, локомотивные сцепки 12А, 12В и 12С. В частности, может иметь место головная сцепка (например, сцепка 12А) и одна или несколько удаленных сцепок, например первая удаленная сцепка (например, удаленная сцепка 12В) посередине последовательности вагонов и другая удаленная сцепка (например, удаленная сцепка 12С) в хвосте поезда. Каждая локомотивная сцепка может иметь первый или головной локомотив (например, головной локомотив 14 сцепки 12А и головной локомотив 16 удаленной сцепки 12В) и один или несколько хвостовых локомотивов (например, локомотив 15 сцепки 12А и локомотив 17 удаленной сцепки).

Хотя локомотивная сцепка обычно 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, как описано выше, в котором команды ускорения и торможения передаются от головного локомотива на удаленные локомотивы по системе связи 10. 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),
5 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
10 воплощенного в компьютерно-считываемой памяти. Ниже рассмотрено несколько вариантов осуществления настоящего изобретения.

На фиг.3 представлена логическая блок-схема настоящего изобретения. Показано, что инструкции поступают в соответствии с планированием поездки либо на борту, либо из удаленного
20 положения, например, диспетчерского центра 110. Такая входная информация включает в себя, но без ограничения, положение поезда, состав сцепки (например, модели локомотивов),
25 характеристику тяговой мощности локомотива для передачи тяги локомотива, расход топлива как функция выходной мощности, характеристики охлаждения, назначенный маршрут поездки
30 (эффективный уклон пути и кривизна как функция железнодорожного знака или компонент "эффективного уклона", отражающий кривизну, согласно стандартным железнодорожным принципам), состав и
35 нагрузку вагонов (включая эффективные коэффициенты сопротивления), нужные параметры движения, включающие в себя, но без ограничения, начальные время и положение, конечное
40 положение, время движения, идентификацию бригады (пользователя и/или машиниста), время истечения рабочей смены и маршрут поездки.
50

Эти данные могут поступать на локомотив 142 (фиг.3) согласно различным методам и процессам, в порядке примера, но не
ограничения, посредством ручного ввода машиниста в локомотив 142
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 141, например, путевого сигнального
устройства и/или придорожного устройства, на локомотив 142.
Характеристики нагрузки локомотива 142 и поезда 131 (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 142 или вне его.

Путевая сигнальная система указывает определенное состояние
пути и выдает инструкции машинисту поезда, приближающегося к
сигналу. Сигнальная система, которая более подробно описана
ниже, указывает, например, разрешенную скорость поезда на
участке пути и выдает машинисту поезда инструкции остановки и
движения. Подробные сведения о сигнальной системе, включающие в
себя положение сигналов и правила, связанные с различными

сигналами, хранятся в бортовой базе 163 данных (фиг.9).

На основании данных спецификации вычисляется оптимальный
5 план, который минимизирует расход топлива и/или генерацию
выбросов с учетом предельной скорости вдоль маршрута и нужных
начального и конечного времени для создания профиля поездки 112.

10 Профиль содержит регулировки оптимальной скорости и мощности
(позиции регулятора), которым должен следовать поезд, выраженные
15 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 варианту осуществления, значение позиции
25 регулятора выбирается для получения решения на переключение
регулятора примерно через каждые 10-30 секунд.

30 Специалистам в данной области техники очевидно, что решения
на переключение регулятора можно получать с более длинными или
более короткими интервалами, если необходимо и/или желательно
35 следовать оптимальному профилю скорости. В более широком смысле,
специалистам в данной области техники очевидно, что профили
40 обеспечивают регулировки мощности для поезда, на уровне поездов,
на уровне сцепок и/или на уровне отдельных локомотивов.
Используемое здесь понятие мощности содержит тормозную мощность,
45 движущую мощность и мощность пневматических тормозов. Согласно
другому предпочтительному варианту осуществления, вместо работы
50 с традиционными дискретными позициями регулятора мощности,
настоящее изобретение определяет нужную регулировку мощности из

непрерывного диапазона регулировок мощности, для оптимизации
профиля скорости. Таким образом, например, если оптимальный
5 профиль указывает позицию регулятора 6,8 вместо позиции
регулятора 7, локомотив 142 работает на 6,8. Благодаря таким
промежуточным регулировкам мощности можно обеспечить
10 дополнительный выигрыш в эффективности, что описано ниже.

Процедура вычисления оптимального профиля может включать в
15 себя разнообразные способы расчета последовательности подачи
мощности, которая движет поезд 131, для минимизации расхода
топлива и/или выбросов при условии эксплуатационных ограничений
и ограничений, налагаемых расписанием, для локомотива, которые
20 приведены ниже. В ряде случаев оптимальный профиль может быть,
по существу, аналогичен ранее определенному профилю в силу
25 схожести конфигураций поезда, маршрута и условий окружающей
среды. В этих случаях может быть достаточно извлечь
30 предварительно определенный режим управления из базы данных 163
и управлять поездом в соответствии с ним.

В отсутствие предыдущего плана, способы вычисления нового
35 плана включают в себя, но без ограничения, прямое вычисление
оптимального профиля с использованием моделей на основе
дифференциальных уравнений, которые аппроксимируют физику
40 движения поезда. Согласно этому процессу, определяется
количественная целевая функция, причем функция обычно содержит
45 взвешенную сумму (интеграл) модельных переменных, которые
соответствуют скорости расхода топлива и генерации выбросов плюс
50 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
5 предельной скорости и минимальной и максимальной мощности
(положения регулятора). В зависимости от задач планирования в
любое время, задача может ставиться гибко, чтобы минимизировать
10 топливо при условии ограничений на выбросы и предельные
скорости, или чтобы минимизировать выбросы, при условии
ограничений на расход топлива и время прибытия. Можно также
15 поставить целью, например, минимизировать суммарное время
движения без ограничений на совокупные выбросы или расход
топлива, когда такое смягчение ограничений разрешено или
20 необходимо для рейса.

В данном описании представлены иллюстративные уравнения и
25 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
30 оптимизации расхода топлива или для оптимизации других рабочих
параметров локомотива/поезда.

Математически, задачу, подлежащую решению, можно поставить
более точно. Основные физические процессы выражаются следующим
40 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 – позиция поезда, v – скорость поезда, t – время (в
милях, милях в час и минутах или часах, соответственно) и u –
50 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, 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, и, изменением тягового или тормозящего усилия.

Все эти рабочие характеристики можно выразить как линейную комбинацию любых из следующих величин:

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

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

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

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

Замена топливного члена $F(\cdot)$ в (1) членом, соответствующим выработке выбросов. Таким образом, широко используемая иллюстративная целевая функция имеет вид

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

Кoeffициенты линейной комбинации зависят от важности (веса), присвоенной каждому члену. 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 времени (α_1 задан равным нулю и α_2 задан равным нулю или относительно малой величиной) используется для нахождения нижней границы достижимого времени движения ($T_f = T_{fmin}$). В этом случае, $u(t)$ и T_f являются оптимизируемыми переменными. Предпочтительный вариант осуществления предусматривает решение уравнения (OP) для различных значений T_f при $T_f > T_{fmin}$ с α_3 заданным равным нулю. В этом последнем случае, T_f рассматривается как ограничение.

Для решения таких задач оптимизации могут потребоваться граничные условия, например, для предельной скорости вдоль пути:

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

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

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

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 виде оксидов азота (NO_x), несгоревших углеводородов и твердых частиц. Конструкция каждого локомотива должна соответствовать стандартам выбросов ЕРА, и, таким образом, при оптимизации выбросов 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 (OP), видоизменяется с учетом этого требования к поездке. Принципиальные изменения процесса оптимизации состоят 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 описываемому 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
5 перемещают рычаги регулятора и тормоза, и от продолжительности поездки. Для типичных задач, N может составлять тысячи. Например, поезд движется по 172-мильному участку пути на юго-
10 западе США. С использованием настоящего изобретения можно реализовать иллюстративный 7,6% расход топлива по сравнению с поездкой, определенной и выполняемой согласно аспектам
15 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
20 осуществления настоящего изобретения, который позволяет вырабатывать стратегию управления, отличающуюся как более низкими потерями на сопротивление, так и малыми или
25 отсутствующими потерями на торможение по сравнению с планом поездки машиниста.

Чтобы сделать вышеописанную оптимизацию вычислительно
35 пригодной, можно применять упрощенную модель поезда, например, показанную на фиг.4 и представленную рассмотренными выше уравнениями. Принципиальное улучшение оптимального профиля
40 достигается за счет вывода более подробной модели с генерацией оптимальной последовательностью подачи мощности, для проверки, нарушаются ли какие-либо тепловые, электрические и механические
45 ограничения, что приводит к изменению профиля скорости в зависимости от расстояния, которому можно следовать, которого можно добиться без повреждения оборудования локомотива или
50

поезда, т.е. удовлетворяя дополнительно налагаемым ограничениям, например, тепловым или электрическим ограничениям на локомотив и
5 внутрипоездные силы.

Когда начинается поездка 112 (фиг.3), команды подачи
мощности генерируются 114 для начала исполнения плана. В
10 зависимости от рабочих настроек одна команда предписывает
локомотиву выполнять оптимизированную команду подачи мощности
116 для достижения оптимальной скорости. Один вариант
15 осуществления предусматривает получение информации фактической
скорости и мощности от локомотивной сцепки поезда 118. В силу
20 общих приближений в моделях, используемых для оптимизации,
получается вычисление по замкнутому циклу корректировок
оптимизированной мощности для следования нужной оптимальной
25 скорости. Такие корректировки эксплуатационных ограничений
поезда могут производиться автоматически или машинистом, который
30 всегда имеет полный контроль над поездом.

В ряде случаев, модель, используемая для оптимизации, может
значительно отличаться от фактического поезда. Это может
35 происходить по многим причинам, включая, но без ограничения,
дополнительные погрузочно-разгрузочные операции, поломки
40 локомотивов в пути, ошибки в первоначальной базе данных 163 и
ошибки машиниста при вводе данных. По этим причинам, система
мониторинга использует данные поезда в реальном времени для
45 оценивания параметров локомотива и/или поезда в реальном времени
120. Оцененные параметры сравниваются с предполагаемыми
параметрами при первоначальном создании 122 поездки. На
50 основании любых различий между предполагаемыми и оцененными

значениями, поезду можно повторно планировать 124. Обычно поездка повторно планируется, если новый план позволяет
5 обеспечить значительную экономию.

Другие причины, почему поездка может быть повторно
запланирована, включают в себя директивы из удаленного
10 положения, например, от диспетчера, и/или запрос машиниста на
изменение требований в соответствии с глобальными задачами
планирования движения. Такие глобальные задачи планирования
15 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
20 планирования можно группировать в возрастающие и основные
корректировки в зависимости от серьезности нарушения, что
рассмотрено более подробно ниже. В общем случае, «новый» план
25 нужно выводить из вышеописанного решения задачи оптимизации
уравнение (OP), но зачастую можно находить более быстрые
приближенные решения, которые описаны здесь.

В ходе работы, локомотив 142 непрерывно отслеживает
эффективность системы и непрерывно обновляет план поездки на
30 основании фактической измеренной эффективности всякий раз, когда
такое обновление повышает характеристики поездки. Расчеты
повторного планирования можно производить целиком на локомотиве
45 или полностью или частично в удаленном положении, например, в
диспетчерской службе или придорожных устройствах обработки, где
беспроводная технология позволяет передавать новый план на
50 локомотив 142. Один вариант осуществления настоящего изобретения

также предполагает генерацию тенденций эффективности для генерации данных локомотивного парка, касающихся функций переноса эффективности. Данные, 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.6, отражает возможности поезда на конкретном маршруте в данное время, обновленные относительно средних по ансамблю, собранных из многочисленных аналогичных поездов на том же маршруте. Таким образом, центральная диспетчерская служба, собирающая кривые наподобие показанной на фиг.6, 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, где 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, запланированное время прибытия сравнивается с оцененным на данный момент (прогнозируемым) временем прибытия 125. На основании разницы во времени, а также различия в параметрах (регистрируемых или изменяемых диспетчером или машинистом) план корректируется 126. Эта корректировка может производиться автоматически на основании политики

железнодорожной компании по обработке отступлений от плана или
вручную, когда машинист поезда и диспетчер совместно ищут
5 наилучший подход к возвращению к плану. Всякий раз, когда план
обновляется, но при этом исходные требования, в порядке примера,
но не ограничения, время прибытия, остается неизменным,
10 дополнительные изменения одновременно можно учитывать, например,
новые будущие изменения предельной скорости, которые повлияют на
возможность возвращения к исходному плану. В таких случаях, если
15 исходный план поездки невозможно поддерживать, или, иными
словами, поезд не способен отвечать требованиям исходного плана
поездки, согласно приведенному здесь рассмотрению, машинисту,
20 удаленной службе и/или диспетчеру можно представить другой план
поездки.

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

обхода не может быть выполнено. Согласно приведенному здесь
рассмотрению, это осуществляется за счет того, что поезда
5 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
10 зависимости от ситуации.

Для любого повторного планирования, инициируемого вручную
или автоматически, иллюстративные варианты осуществления
15 настоящего изобретения могут представлять машинисту более одного
плана поездки. Согласно иллюстративному варианту осуществления,
20 настоящее изобретение представляет машинисту разные профили,
позволяя машинисту выбирать время прибытия, а также понимать
соответствующее влияние топлива и/или выбросов. Такая информация
25 также может предоставляться диспетчеру по аналогичным
соображениям, либо в виде простого списка альтернатив, либо в
30 виде совокупности компромиссных кривых, например, показанных на
фиг.6.

Согласно одному варианту осуществления, настоящее
35 изобретение включает в себя способность обучаться и
адаптироваться к основным изменениям в поезде и тяговой сцепке,
40 которые могут включаться либо в текущий план и/или в будущее
планы. Например, одним из рассмотренных выше инициирующих
условий является потеря мощности. При нарастании мощности со
45 временем, либо после потери мощности, либо в начале движения,
используется логика переходов для определения, когда будет
50 достигнута нужная мощность. Эта информация может сохраняться в
базе данных 161 локомотива для использования при оптимизации

либо будущих поездок, либо текущей поездки, если потеря мощности произойдет позже.

5 На фиг.5 показан вариант осуществления элементов настоящего изобретения. Локационный элемент 130 определяет положение поезда 131. Локационный элемент 130 содержит датчик или систему
10 датчиков GPS, который определяет положение поезда 131. Примеры таких других систем могут включать в себя, но без ограничения, придорожные устройства, например, метки радиочастотной
15 автоматической идентификации оборудования (RF AEI), диспетчер, и/или определения на основе видеозаписи. Другая система может использовать тахометр(ы) на локомотиве и вычисления расстояния
20 от опорной точки. Согласно вышеприведенному рассмотрению, может быть обеспечена система беспроводной связи 147 для осуществления
25 связи между поездами и/или с удаленным положением, например, диспетчеризация (координирование). Информация о положении поезда также может передаваться с других поездов по системе связи.
30

Элемент 133 описания пути обеспечивает информацию о пути, в основном, информацию уклона, возвышения и кривизны. Элемент 133
35 описания пути может включать в себя бортовую базу 136 данных целостности пути. Датчики 138 измеряют тяговое усилие 140, развиваемое локомотивной сцепкой 142, положение рукоятки
40 регулятора локомотивной сцепки 142, информацию конфигурации локомотивной сцепки 142, скорость локомотивной сцепки 142,
45 конфигурацию отдельных локомотивов, возможности отдельных локомотивов и т.д. Согласно иллюстративному варианту осуществления, информация конфигурации локомотивной сцепки 142
50 может загружаться без использования датчика 138, но вводится

иными средствами, как рассмотрено выше. Кроме того, можно
учитывать работоспособность локомотивов в сцепке. Например, если
5 один локомотив в сцепке не способен развивать мощность выше 5
позиции регулятора, эта информация используется при оптимизации
плана поездки.

10 Информацию от локационного элемента также можно
использовать для определения надлежащего времени прибытия поезда
131. Например, если имеется поезд 31, движущийся вдоль пути 134
15 к пункту назначения, и позади него нет поездов, и поезд не имеет
фиксированного предельного времени прибытия, локационный
20 элемент, включающий в себя, но без ограничения, метки
радиочастотной автоматической идентификации оборудования (RF
AEI), диспетчер, и/или определения на основе видеозаписи, можно
25 использовать для определения точного положения поезда 131. Кроме
того, входы из этих сигнальных систем можно использовать для
30 корректировки скорости поезда. Используя бортовую базу данных
целостности пути, рассмотренную ниже, и локационный элемент,
например GPS, один вариант осуществления настоящего изобретения
35 корректирует интерфейс машиниста, чтобы он отражал состояние
сигнальной системы при данном положении локомотива. В случае,
40 когда состояния сигнала указывают недопустимые скорости впереди,
планировщик может выбрать замедление поезда для экономии расхода
топлива.

45 Информацию от локационного элемента 130 также можно
использовать для изменения задач планирования как функции
расстояния до пункта назначения. Например, вследствие неизбежных
50 неопределенностей в отношении затора вдоль маршрута, "более

быстрые" требования к времени на ранней части маршрута можно
применять в качестве защиты от задержек, которые статистически
5 происходят позже. Если в конкретной поездке таких задержек не
происходит, требования к более поздней части маршрута можно
изменить, чтобы использовать естественный зазор по времени,
10 который накопился ранее, и, таким образом, получить некоторую
экономия топлива. Аналогичную стратегию можно применять в
отношении требований к ограничению выбросов, например,
15 ограничениям выбросов, которые применяются при приближении к
городской области.

20 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
25 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
35 известными в ходе поездки. В другом случае, если известны
области, где часто случаются заторы, план разрабатывается с
возможностью увеличения гибкости управления вокруг таких
40 областей. Таким образом, варианты осуществления настоящего
изобретения также могут предусматривать взвешивание/штрафование
45 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
50 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.

5 На фиг.5 дополнительно раскрыты другие элементы, которые могут составлять часть вариантов осуществления настоящего изобретения. Процессор 144 принимает информацию от локационного
10 элемента 130, элемента 133 описания пути и датчиков 138. Алгоритм 146 выполняется на процессоре 144. Алгоритм 146 вычисляет оптимизированный план поездки на основании параметров
15 локомотива 142, поезда 131, пути 134, и требований к рейсу, как описано здесь. Согласно иллюстративному варианту осуществления, план поездки устанавливается на основании моделей поведения
20 поезда, когда поезд 131 движется вдоль пути 134 в виде решения нелинейных дифференциальных уравнений, выведенных из применяемой
25 физики с упрощающими гипотезами, которые предусмотрены в алгоритме. Алгоритм 146 имеет доступ к информации из локационного элемента 130, элемента 133 описания пути и/или
30 датчиков 138 для создания плана поездки, минимизирующего расход топлива локомотивной сцепки 142, минимизирующего выбросы
35 локомотивной сцепки 142, устанавливающего нужное время поездки, и/или гарантирующего правильное рабочее время бригады на локомотивной сцепке 142. Согласно иллюстративному варианту
40 осуществления, предусмотрен также драйвер или элемент управления 151. Согласно приведенному здесь рассмотрению, элемент
45 управления 151 может управлять поездом в ходе выполнения плана поездки. Согласно иллюстративному варианту осуществления, рассмотренному далее, элемент управления 151 автономно принимает
50 решения по управлению поездом. Согласно другому иллюстративному

варианту осуществления машинист может предписывать поезду следовать плану поездки или отклоняться от него по своему усмотрению.

Согласно 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, в виду сложности алгоритм оптимизации плана. Когда полная длина профиля поездки превышает данное расстояние, алгоритм 146 можно использовать для разбиения рейса путем деления рейса на промежуточные пункты. Хотя здесь рассматривается только один алгоритм 146, 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 131 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 131 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 варианту осуществления, более длинный маршрут разбивается на более мелкие участки согласно особой системе.

5 Каждый участок может иметь ту или иную длину, но обычно выбирается в естественном положении, например, в положении остановки или значительного ограничения по скорости, или в
10 положении ключевых промежуточных пунктов или путевых знаков, которые задают соединения с другими маршрутами. При таком выборе отрезков или участков маршрута, профиль управления создается для
15 каждого участка пути как функция времени движения, которое рассматривается как независимая переменная, например, как показано на фиг.6. Компромисс расхода топлива/времени движения, связанный с каждым участком, можно вычислять до того, как поезд
20 131 достигнет этого участка пути. Таким образом, совокупный план поездки можно создавать из профилей управления, созданных для каждого участка. Один вариант осуществления настоящего
25 изобретения предусматривает оптимальное распределение времени движения по всем участкам маршрута, чтобы удовлетворять требованию суммарного времени поездки и минимизировать полный
30 расход топлива на всех участках. Иллюстративный маршрут, состоящий из трех участков, раскрыт на фиг.8 и рассмотрен ниже. Однако специалистам в данной области техники очевидно, что, хотя
35 здесь рассматриваются участки, план поездки может содержать единичный участок, представляющий весь маршрут.

45 На фиг.6 показан вариант кривой расхода топлива/времени движения. Как отмечено выше, такая кривая 150 формируется при вычислении оптимального профиля поездки для различных времен
50 движения для каждого участка. Таким образом, для данного времени

движения 151, расход топлива 152 является результатом подробного
профиля управления, вычисление которого описано выше. После
5 назначения времени движения для каждого участка, план
мощности/скорости определяется для каждого участка из
предварительно вычисленных решений. При наличии каких-либо
10 ограничений по скорости в промежуточном пункте между участками,
в порядке примера, но не ограничения, изменения предельной
15 скорости, они согласовываются при создании оптимального профиля
поездки. Если ограничения по скорости изменяются только на
единичном участке, кривую 150 расхода топлива/времени движения
20 нужно повторно вычислить только для участка изменения. Этот
процесс сокращает время, необходимое для повторного вычисления
25 большего количества частей, или участков, маршрута. Если
локомотивная сцепка или поезд претерпевает значительные
изменения вдоль маршрута, например, вследствие потери мощности
30 локомотива или погрузки или разгрузки вагонов, то профили
управления для всех последующих участков необходимо повторно
вычислить для создания новых вариантов кривой 150. Эти новые
35 кривые 150 затем используются совместно с новыми требованиями
расписания для планирования оставшейся поездки.

40 После создания плана поездки, согласно вышеприведенному
рассмотрению, траектория скорости и мощности в зависимости от
расстояния позволяет поезду достигать пункта назначения с
45 минимальным расходом топлива и/или объемом выбросов за
необходимое время поездки. Существует несколько методов для
50 выполнения плана поездки. Как описано более подробно ниже, в
одном иллюстративном варианте осуществления тренировочного

режима, настоящее изобретение предусматривает отображение информации управления машинисту. Машинист руководствуется информацией для достижения необходимой мощности и скорости, которая определяется согласно оптимальному плану поездки. Таким образом, в этом режиме машинисту предоставляются советы по управлению для использования при управлении поездом. Согласно другому иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения, осуществляются действия по управлению для ускорения поезда или поддержания постоянной скорости. Однако, когда поезд должен замедляться, машинист отвечает за торможение путем управления тормозной системой. 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, 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 данных 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 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, 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 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 находить план поездки с указанными временем движения и начальной и конечной скоростями, удовлетворяющий всем ограничениям скорости и возможностей 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 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.

Варианты осуществления настоящего изобретения могут использовать настройку, показанную в логической блок-схеме, (фиг.7) и в качестве примера трех участков, подробно показанного на фиг.8. Показано, что маршрут можно разбить на два или более участков, T1, T2 и T3, хотя можно рассматривать маршрут как единичный участок. 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, подлежащем удовлетворению, кривые расхода топлива в зависимости от времени поездки строятся для каждого участка. Можно строить кривые на основании другие факторы, 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.8 показаны предельные скорости для иллюстративного 200-мильного маршрута, состоящего из трех участков 197. Дополнительно проиллюстрированы изменения уклона на 200-мильном маршруте 198. Показана также комбинированная диаграмма 199, где изображены 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 возможностей локомотива при наличии остановок. Хотя нижеследующее подробное рассмотрение относится к оптимизации расход 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 движение 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

$$\begin{aligned} t_{\min}(i) &\leq t_{arr}(D_i) \leq t_{\max}(i) - \Delta t_i, \\ t_{arr}(D_i) + \Delta t_i &\leq t_{dep}(D_i) \leq t_{\max}(i) \quad i = 1, \dots, M-1 \end{aligned}$$

где $t_{arr}(D_i)$, $t_{dep}(D_i)$ 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 $t_{dep}(D_i) = t_{arr}(D_i) + \Delta t_i$, 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

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

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

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

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

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 решению,
 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 $\tilde{T}_j, T_j, j = i+1, \dots, M$, что минимизирует

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

при условии, что

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

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

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

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, процесс 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 $D_{iN_i} = D_i$. 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, $t_{iN_i} - t_{i0} = T_i$. Поскольку поезд останавливается в D_{i0} и D_{iN_i} , $v_{i0} = v_{iN_i} = 0$.

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
 5 минимизирует

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

10 при условии, что

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

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

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

20 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 $f_{ij}(\cdot)$.

25 На основании вышеописанного разбиения, упрощенный подход к
 почти оптимальному повторному планированию по сравнению с
 описанным выше ограничивает повторное планирование временами,
 30 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
 35 нахождения

$$\tau_{ik}, j < k \leq N_i, v_{ik}, j < k < N_i \quad \text{и}$$

$\tau_{mn}, i < m \leq M, 1 \leq n \leq N_m, v_{mn}, i < m \leq M, 1 \leq n < N_m$, 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

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

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

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

где

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

5

Дополнительное упрощение получается в результате повторного
вычисления T_m , $i < m \leq M$, по достижении точки D_i . Таким образом, в
10 точках D_{ij} между D_{i-1} и D_i , вышеописанную минимизацию нужно
осуществлять только по τ_{jk} , $j < k \leq N_i$, v_{jk} , $j < k \leq N_i$. T_i
15 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
20 повторного вычисления T_m , $i < m \leq M$, в точке D_i .

В отношении раскрытой выше конфигурации замкнутого цикла,
25 совокупное энергопотребление, необходимое для движения поезда
131 из точки А в точку В составляет сумму четырех компонентов, в
частности, разницы в кинетической энергии между точками А и В;
30 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
35 и конечная скорости равны (например, нулю), получаем, что первый
компонент равен нулю. Кроме того, второй компонент не зависит от
40 стратегии управления. Таким образом, достаточно минимизировать
сумму двух последних компонентов.

Следование профилю постоянной скорости минимизирует потери
45 на сопротивление. Следование профилю постоянной скорости также
минимизирует совокупное энергопотребление, когда торможение не
нужно для поддержания постоянной скорости. Однако, если
50

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

20 По завершении вышеописанного повторного планирования на
основании совокупности событий, можно выполнять новый
оптимальный план позиции регулятора/скорости с использованием
25 описанного здесь управления по замкнутому циклу. Однако в ряде
случаев может не быть достаточно времени для осуществления
30 вышеописанного планирования с разбиением на участки, и в
частности, при наличии критических ограничений по скорости,
которые необходимо учитывать, альтернатива может быть
35 предпочтительной. Один вариант осуществления настоящего
изобретения предусматривает такой альтернативный алгоритм
40 именуемый "интеллектуальное поддержание скорости".
Интеллектуальный алгоритм поддержания скорости является
эффективным процессом для генерации, в реальном времени,
45 экономичного по энергии (следовательно, экономичного по топливу
и/или экономичного по выбросам) почти оптимального предписания
по управлению поездом 131 на известной местности. Этот алгоритм
50 учитывает информацию позиции поезда 131 вдоль пути 134 в любое

время, а также информацию уклона и кривизны пути в зависимости от позиции. Способ опирается на модель точечной массы для движения поезда 131, 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; 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. 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 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.

Аспекты настоящего изобретения также предусматривают подход к определению значений основных параметров поезда 131. Например, в отношении оценки массы поезда, можно использовать фильтр Калмана и рекурсивный метод наименьших квадратов для выявления ошибок, которые могут развиваться с течением времени.

На фиг.9 показана логическая блок-схема настоящего изобретения. Удаленная служба, например диспетчерский центр 160 может обеспечивать информацию для использования согласно настоящему изобретению. Показано, что такая информация поступает на исполнительный элемент управления 162. На исполнительный элемент управления 162 также поступают данные из информационной базы данных 163, для моделирования локомотива, данные из базы данных 136 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 оценки скорости расхода топлива 164. Исполнительный элемент управления 162 выдает информацию на планировщик 112, что раскрыто более подробно на фиг.3. После вычисления плана поездки, план поступает на консультант по управлению, драйвер или элемент управления 151. План поездки также поступает на исполнительный элемент управления 162, что позволяет ему сравнивать поездку при

поступлении других новых данных.

Как рассмотрено выше, консультант 151 по управлению может
5 автоматически задавать мощность в соответствии с позицией
регулятора, либо заранее установленную позицию регулятора, либо
оптимальную непрерывную мощность в соответствии с позицией
10 регулятора. Помимо подачи команды скорости на локомотив 131,
предусмотрен дисплей 168, который позволяет машинисту видеть
рекомендации планировщика. Машинист также имеет доступ к панели
15 управления 169. Посредством панели управления 169 машинист может
решать, применять ли рекомендуемую мощность в соответствии с
20 позицией регулятора. По этой причине, машинист может
ограничивать назначенную ли рекомендуемую мощность. Таким
образом, в любое время машинист всегда имеет полный контроль над
25 регулировкой мощности для эксплуатации локомотивной сцепки, в
том числе, может решать, применять ли тормоза, если план поездки
рекомендует замедлить поезд 131. Например, при работе в темное
30 время суток, или в условиях, когда придорожное оборудование не
может электронными средствами передавать информацию на поезд, и,
35 вместо этого, машинист наблюдает визуальные сигналы от
придорожного оборудования, машинист вводит команды на основании
информации, содержащейся в базе данных целостности пути, и
40 визуальных сигналов от придорожного оборудования. На основании
режима работы поезда 131, информация, относящаяся к измерению
45 топлива, поступает на блок 164 оценки скорости расхода топлива.
Поскольку прямое измерение потоков топлива обычно невозможно на
локомотивной сцепке, вся информация о расходе топлива до сих пор
50 в течение поездки и прогнозируемом расходе топлива согласно

оптимальным планам получается с использованием калиброванных 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 131 также имеет локационное устройство 130, например датчик GPS, рассмотренный выше. Информация поступает на блок 165 оценки параметров поезда. Такая информация может включать в себя, но без ограничения, данные датчика GPS, данные тягового/тормозящего усилия, данные состояние 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 управления 162.

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 142 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,
5 регулировку напряжений генератора переменного тока, регулировку
оборотов двигателя и сокращение количества ведущих осей. Кроме
того, локомотив 142 может использовать бортовую базу 136 данных
10 целостности пути и прогнозируемые требования к
производительности для минимизации вспомогательных нагрузок и
потерь при передаче мощности для обеспечения оптимальной
15 эффективности для назначенного расхода топлива/выбросов. Примеры
включают в себя, но без ограничения, сокращение количества
ведущих осей на ровной местности и предварительное охлаждение
20 двигателя локомотива до входа в туннель.

Один вариант осуществления настоящего изобретения также
25 предусматривает использование бортовой базы 136 данных
целостности пути и прогнозируемой производительности для
регулировки работы локомотива, например, чтобы гарантировать,
30 что поезд имеет достаточную скорость при подходе к холму и/или
туннелю. Например, это можно выразить как ограничение скорости в
35 конкретном положении, которое становится частью оптимального
плана, создаваемого при решении уравнения (OP). Дополнительно,
40 вариант осуществления может предусматривать правила управления
поездом, в порядке примера, но не ограничения, темпы роста
тягового усилия и максимальные темпы роста тормозящего усилия.
45 Их можно непосредственно включить в формулу оптимального профиля
поездки или, альтернативно, включить в регулятор замкнутого
цикла, используемого для управления подачи мощности для
50 достижения назначенной скорости.

Согласно предпочтительному варианту осуществления, устройство 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, 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.

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 разных позиций регулятора мощности на разные 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, причем каждый хвостовой локомотив не обязан работать на одной и той же мощности в соответствии с позицией регулятора.

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.

Настоящее изобретение допускает использование на поезде с распределением мощности, например, показанном на фиг.1 и 2. В отсутствие принципов настоящего изобретения, поезд с распределением мощности может работать в нормальном или независимом режиме. В нормальном режиме, машинист на головном звене 14 головной сцепки 12А подает команды каждой локомотивной сцепке 12А, 12В и 12С работать на одной и той же мощности в соответствии с позицией регулятора или прилагать такое же тормозящее усилие, как головной локомотив 14. Если головной локомотив 14 головной сцепки 12А предписывает тяговое усилие в соответствии с позицией регулятора №8, все остальные локомотивы 15-18 устанавливают тяговое усилие в соответствии с позицией

регулятора №8 по сигналу, передаваемому по системе связи 10 от головного локомотива 14.

5 В независимом режиме машинист делит поезд с распределением мощности на две независимые группы локомотивных сцепок, т.е. переднюю группу и заднюю групп, когда система связи установлена.
10 Например, локомотивная сцепка 12А задается как передняя группа, и локомотивные сцепки 12В и 12С задаются как задняя группа.
15 Передняя и задняя группы могут получать разные рабочие команды. Например, когда поезд достигает вершины горы, локомотивы 14 и 15 передней группы в головной сцепке 12А (на спуске с горы)
20 получают команду постепенно уменьшать позицию регулятора (и, возможно, переходить к торможению), поскольку передняя группа спускается под уклон. Локомотивы 16, 17 и 18 задней группы в
25 удаленных сцепках 12В и 12С (на подъеме на гору) остаются в движущем режиме, пока хвост поезда не достигнет вершины. Деление поезда на переднюю и заднюю группы и раздельное управление двумя
30 группами позволяет минимизировать силы натяжения на механических автосцепках, соединяющих вагоны и локомотивы. Согласно уровню
35 техники, работа поезда с распределением мощности в независимом режиме требует, чтобы машинист вручную отдавал команды локомотивам передней группы и локомотивам задней группы через
40 дисплей на головном локомотиве.

С использованием модели планирования на физической основе,
45 информации настроек поезда (включающая в себя рабочие возможности и положение каждого локомотива в поезде, которые машинист может определить в ходе настройки или автоматически
50 согласно одному варианту осуществления оптимизатора движения),

информации бортовой базы данных целостности пути, правил эксплуатации, системы определения местоположения, управления
5 разгоном/торможением по замкнутому циклу в реальном времени, сенсорной обратной связи и т.д. (раскрытых здесь в других местах), один вариант осуществления системы оптимизации движения
10 настоящего изобретения определяет оптимальную работу каждого локомотива 14-18 для достижения оптимальной работы поезда. На основании оптимизированного плана поездки, оптимизатор движения
15 управляет поездом с распределением мощности, независимо управляя каждым локомотивом, как в той же, так и в другой локомотивной сцепке. Таким образом, оптимизатор движения, применительно к
20 поезду с распределением мощности, обеспечивает более дифференцированное управление поездом и оптимизирует работу
25 поезда на уровне отдельных локомотивов. В отличие от поездов с распределением мощности, отвечающих уровню техники, в которых локомотивы делятся на переднюю группу и заднюю группу и получают
30 соответствующее управление, оптимизатор движения с независимым управлением отдельных локомотивов согласно аспектам настоящего изобретения делит поезд на множественные сцепки (где, благодаря
35 объединению определенных локомотивов в группы или независимому управлению каждым локомотивом, количество независимо управляемых локомотивов может включать в себя любое количество вплоть до
40 полного количества локомотивов в поезде). Таким образом, можно
45 управлять работой поезда и его отдельных локомотивов, например для экономии расхода топлива.

50 Оптимизатор движения и/или машинист головного звена может предписывать каждому отдельному локомотиву или одной или

нескольким локомотивным сцепкам работать согласно той или иной позиции регулятора и/или регулятора торможения для оптимизации работы каждого отдельного локомотива. При желании, конечно, все локомотивы могут работать на одно и той же мощности в соответствии с позицией регулятора или регулятора торможения. Позиции регулятора мощности или регулятора торможения передаются по распределенной системе связи 10 на удаленные локомотивы 15-18 для установления на каждом удаленном локомотиве. Таким образом, применение концепций оптимизатора движения к поезду с распределением мощности позволяет разделять поезд на меньшие управляемые участки (создавая множественные, индивидуально управляемые, но связанные поезда) для улучшения работы и управляемости поезда, в том числе, снижения внутripоездных сил, упрощения управления внутripоездными силами, повышения управляемости на дистанциях торможения и оптимизации работы каждого локомотива. Кроме того, более длинными и/или тяжелыми поездами можно лучше и безопаснее управлять, когда локомотивы находятся под независимым и индивидуальным управлением.

Поскольку рабочие параметры поезда зависят от положения локомотивов в поезде и количества вагонов между локомотивами, независимое управление локомотивами уменьшает влияние этих факторов на работу поезда и управление им. Оптимизатор движения также управляет ускорением и замедлением поезда, увеличивая или уменьшая позицию регулятора одного или нескольких удаленных локомотивов посредством соответствующих команд, передаваемых по системе связи 10, что обеспечивает экономию, гибкость в составе поезда, ослабление внутripоездных сил, увеличение размера поезда

и т.д.

Независимое управление локомотивами также обеспечивает
5 дополнительные степени свободы для использования алгоритмом
оптимизации поездки. Поэтому дополнительные требования или
ограничения, касающиеся внутripоездных сил, можно включить в
10 функцию производительности для оптимизации.

Модемный канал динамического торможения также можно
15 использовать для подачи оптимизированной информации управления
поездкой на каждый локомотив поезда. Этот канал представляет
собой последовательный высокочастотный сигнал связи,
20 накладывается на напряжение постоянного тока, передаваемый по
поездной магистрали, которая соединяет локомотивы поезда. Модем
переносит машинисту в головном локомотиве сигналы, указывающие
25 применение динамических тормозов на одном или нескольких
удаленных локомотивах.

30 Согласно этому варианту осуществления оптимизатора
движения, можно оптимизировать различные рабочие параметры
поезда, включающие в себя расход топлива, генерацию выбросов,
35 контроль песка, приложение тягового и тормозящего усилий и
применение пневматических тормозов. Также можно оптимизировать
40 длину поезда, предельные внутripоездные силы и дистанции
остановки, которые ограничиваются позицией и управлением
локомотивов в сцепке и количеством вагонов в поезде между
45 локомотивами. Вариант осуществления, таким образом, позволяет
железной дороге пропускать более длинные и/или тяжелые поезда и
50 обеспечивает повышенную производительность, которая измеряется
затратами, например, затратами на топливо и песок. Увеличение

длины поезда повышает пропускную способность железнодорожной сети, без снижения характеристик обслуживания поездов.

5 Кроме того, согласно вышеприведенному рассмотрению, вариант осуществления настоящего изобретения можно использовать для непрерывной корректировки и повторного планирования, когда
10 железнодорожный состав использует торможение, на основании предстоящих предметов, представляющих интерес, в порядке примера, но не ограничения, железнодорожных переездов, изменений
15 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
20 войти в состояние торможения, тогда как удаленные локомотивы, еще не достигшие вершины холма, могут оставаться в движущем
25 состоянии.

30 На фиг.10, 11 и 12 изображены динамические дисплеи для использования машинистом. На фиг.8 показан профиль поездки 172. В профиле указано положение 173 локомотива. Также обеспечена
35 такая информация, как длина поезда 205 и количество вагонов 206 в поезде. Также предусмотрены элементы, касающиеся уклона пути 207, элементы 208 кривизны и придорожных устройств, включающие в
40 себя положение моста 209 и скорость поезда 210. Дисплей 168 позволяет машинисту просматривать такую информацию, а также
45 видеть положение поезда вдоль маршрута. Предоставляется информация, относящаяся к расстоянию и/или оценочному времени до таких мест, как переезды 212, сигналы 214, изменения скорости
50 216, реперы 218 и пункты назначения 220. Также предусмотрен

прибор контроля времени прибытия 225, который позволяет
пользователю определить экономию топлива, реализуемую в ходе
5 поездки. Машинист имеет возможность изменять время прибытия 227
и определять, как это влияет на экономию топлива. Машинист имеет
возможность изменять время прибытия 127 и определять, как это
10 влияет на экономию топлива. Согласно приведенному здесь
рассмотрению, специалистам в данной области техники очевидно,
15 что экономия топлива является иллюстративным примером лишь одной
задачи, которую можно решать с помощью инструмента управления.
Таким образом, в зависимости от наблюдаемого параметра, другие
20 параметры, рассмотренные здесь можно наблюдать и оценивать с
помощью инструмента управления, рассматриваемого машинистом.
Машинисту также предоставляется информация, относящаяся к
25 продолжительности времени, в течение которого бригада работает
на поезде. В иллюстративных вариантах осуществления, информация
30 времени и расстояния может быть представлена либо как время
и/или расстояние до конкретного события и/или положения, либо
как полное истекшее время.

35 Как показано на фиг.11, дисплей обеспечивает информацию о
данных 230 сцепки, график событий и ситуаций 232, прибор
40 контроля времени прибытия 234 и исполнительные кнопки 236. Кроме
того, на этом дисплее предоставляется информация аналогичная
рассмотренной выше. В этом дисплее 268 также предусмотрены
45 исполнительные кнопки 238, позволяющие машинисту
перепланировать, а также отключать 240 устройство согласно
50 различным вариантам осуществления настоящего изобретения.

На фиг.12 представлен другой вариант осуществления дисплея.

На нем отображается типичная информация для современного локомотива, включающая в себя состояние 172, пневматических тормозов, аналоговый спидометр с цифровой вставкой 174, и информацию о тяговом усилии в фунтах силы (или амперах тяги для локомотивов постоянного тока). Индикатор 14 показывает текущую оптимальную скорость согласно исполняемому плану, а также график акселерометра в дополнение к показанию в миль/час/мин. В центре экрана располагаются важные новые данные для выполнения оптимального плана, включающие в себя прокручиваемый ленточный график 176, отражающий оптимальную скорость и позицию регулятора в зависимости от расстояния по сравнению с текущей историей этих переменных. В этом варианте осуществления, положение поезда определяется с 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
5 может быть аналоговым дисплеем, на котором отображается аналоговый эквивалент или процент или фактическая мощность/тяговое усилие.

10 Критическая информация о статусе поездки отображается на экране, где показан текущий уклон 188 пути, на котором находится поезд или головной локомотив, какое-то место поезда, или средний
15 уклон по длине поезда. Также показаны совокупное расстояние, пройденное по плану 190, полный расход топлива 192, положение или расстояние до следующей запланированной остановки 194 и текущее и предполагаемое время прибытия 196 на следующую
20 остановку. Дисплей 168 также показывает максимально возможное время до пункта назначения согласно вычисленным планам. Если требуется более позднее прибытие, выполняется повторное
25 планирование. Данные коррекции плана показывают состояние расхода топлива и расписания с опережением или отставанием от текущего оптимального плана. Отрицательные числа означают
30 меньший расход топлива или опережение по сравнению с планом, положительные числа означают больший расход топлива или отставание по сравнению с планом. Обычно эти параметры
35 компенсируют друг друга в противоположных направлениях (замедление для экономии топлива приводят к задержке поезда и наоборот).

45 В любое время дисплеи 168 дают машинисту мгновенную картину статуса поездки в отношении установленного на данный момент
50 плана управления. Этот дисплей показан исключительно в

иллюстративных целях, и существует много других способов отображения/передачи этой информации машинисту и/или диспетчеру.

5 По этой причине, любые другие раскрытые выше элементы информации можно добавлять на дисплей для обеспечения дисплея, который отличается от раскрытого.

10 Другие признаки, которые могут быть включены в варианты осуществления настоящего изобретения, включают в себя, но без ограничения, генерацию журналов данных и отчетов. Эта информация
15 может храниться на поезде и загружаться в неборттовую систему. Загрузки можно осуществлять посредством ручной и/или беспроводной передачи. Эту информацию также может наблюдать
20 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
25 локомотивами в поезде, отклонение движения поезда от расписания и вопросы диагностики системы, например, неисправность датчика GPS.

35 Поскольку планы поездки также должны учитывать допустимое рабочее время бригады, варианты осуществления настоящего изобретения могут учитывать такую информацию при планировании
40 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
45 которой новая бригада может сменить действующую бригаду. Такие указанные положения остановки могут включать в себя, но без ограничения, сортировочные станции, положения встречи/обхода и
50 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, 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 концепции настоящее изобретение обеспечивает команды, определяющие тягу и динамическое торможение. 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 всеми остальными функциями поезда.

Иллюстративные варианты осуществления настоящего изобретения также можно использовать путем извещения машинист о предстоящих предметах, представляющих интерес, о действиях, которые нужно будет предпринять, например, за счет прогнозирующей логики настоящего изобретения, непрерывной корректировки и 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
5 машиниста.

В частности с использованием модели планирования на
физической основе, информации настроек поезда, бортовой базы
10 данных целостности пути, бортовых правил эксплуатации, системы
определения местоположения, управления разгоном/торможением по
замкнутому циклу в реальном времени, и сенсорной обратной связи,
15 система предлагает и/или предписывает машинисту совершать
необходимые действия. Извещение может быть визуальным и/или
20 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,
25 чтобы машинист активировал свисток или сигнал локомотива.

Согласно другому иллюстративному варианту осуществления, с
30 использованием модели планирования на физической основе
рассмотренный выше, информации настроек поезда, бортовой базы
данных целостности пути, бортовых правил эксплуатации, системы
35 определения местоположения, управления разгоном/торможением по
замкнутому циклу в реальном времени, и сенсорной обратной связи,
один вариант осуществления настоящего изобретения
40 предусматривает представление машинисту информации (например,
показания на дисплее), которая позволяет машинисту видеть, когда
45 поезд приходит в различные места, как показано на фиг.11.
Система позволяет машинисту корректировать план поездки
(предписанное время прибытия). Эта информация (фактическое
50 оценочное время прибытия или информация, необходимая для

принятия решения не на поезде) также может передаваться в диспетчерский центр, 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 приведенном выше описании используются примеры, раскрывающие различные варианты осуществления настоящего изобретения, в том числе предпочтительные, а также позволяющие специалисту в данной области техники применять и использовать изобретение. Патентуемый объем настоящего изобретения определяется формулой изобретения и может включать в себя другие примеры, очевидные специалисту в данной области техники. Такие другие примеры должны отвечать объему формулы изобретения, если они имеют структурные элементы, которые не отличаются от буквального смысла формулы изобретения, или если они включают в себя эквивалентные структурные элементы, несущественно отличающиеся от буквального смысла формулы изобретения. Например, хотя настоящее изобретение описано применительно к железнодорожной сети, в которой действуют поезда, содержащие локомотивы и вагоны, его принципы также применимы к другим железнодорожным системам и транспортным средствам, включающим в себя, но без ограничения, междугородным поездам, пассажирским транспортным средствам и трамваям.

Формула изобретения

1. Способ эксплуатации железнодорожного транспортного средства, заключающийся в том, что определяют на борту железнодорожного транспортного средства план поездки, используя информацию, полученную железнодорожным транспортным средством,

на основе параметров, касающихся железнодорожного транспортного средства, пути, по которому проследует железнодорожное транспортное средство, и требований к движению, выполняемому железнодорожным транспортным средством, причем план поездки предписывает требуемые скорости, с которыми должно следовать транспортное средство, чтобы снизить, по меньшей мере, одно из расхода топлива или выбросов, образующихся при движении транспортного средства относительно пути, в соответствии с одной или более другими скоростями, при этом предписанные скорости плана поездки выражены как функция, по меньшей мере, одного из расстояния или времени во время поездки, и

определяют установочные параметры установки мощности, режима энергоснабжения для первого моторизованного звена и второго моторизованного звена железнодорожного транспортного средства на основе предписанных скоростей плана поездки, причем установочные параметры определяют для того, чтобы обеспечить перемещение железнодорожного транспортного средства с заданными скоростями плана поездки, при этом для одной или более заданных скоростей плана поездки установочный параметр установки мощности, режима электроснабжения для первого моторизованного звена отличается от установочного параметра установки мощности, режима энергоснабжения для второго моторизованного звена.

2. Способ по п.1, в котором железнодорожное транспортное средство содержит поезд, при этом первое моторизованное звено содержит головной локомотив, а второе моторизованное звено содержит удаленный локомотив с одним или более вагонами между головным локомотивом и удаленным локомотивом.

3. Способ по п.1, в котором на этапе определения установочных параметров дополнительно определяют положение железнодорожного транспортного средства или время от начала поездки на основе установочных параметров для первого моторизованного звена и второго моторизованного звена, основываясь на назначенной скорости, которая связана с положением или временем.

4. Способ по п.1, в котором план поездки основан на информации, характеризующей путь.

5. Способ по п.1, в котором дополнительно определяют приложение тягового усилия и приложение тормозящего усилия к первому моторизованному звену и второму моторизованному звену на основе назначенных скоростей плана поездки и передают приложение тягового усилия и приложение тормозящего усилия к первому моторизованному звену и второму моторизованному звену.

6. Способ по п.5, в котором железнодорожное транспортное средство дополнительно содержит канал связи между первым моторизованным звеном и вторым моторизованным звеном, при этом приложение тягового усилия и приложение тормозящего усилия осуществляют к первому моторизованному звену и приложение тягового усилия и приложение тормозящего усилия передают от первого моторизованного звена к второму моторизованному звену по каналу связи.

7. Способ по п.1, в котором план поездки содержит разные параметры для управления работой первого моторизованного звена и второго моторизованного звена для независимой оптимизации функционирования первого моторизованного звена и второго моторизованного звена.

8. Способ по п.7, в котором назначенные скорости плана пути основаны на, по меньшей мере, одном из расхода топлива железнодорожным транспортным

средством, генерации выбросов, контроля песка и контроля предельных сил в железнодорожном транспортном средстве.

9. Способ по п.1, в котором определение рабочих параметров дополнительно содержит определение различных рабочих параметров и эксплуатационных ограничений для первого моторизированного звена и второго моторизированного звена.

10. Способ по п.1, в котором железнодорожное транспортное средство дополнительно содержит множество дополнительных моторизированных звеньев, каждое из которых независимо управляется из первого моторизированного звена для управления работой каждого из дополнительных моторизированных звеньев.

11. Способ по п.1, в котором план поездки принимают до того, как начинается движение железнодорожного транспортного средства.

12. Способ по п.1, в котором осуществляют мониторинг действительных скоростей железнодорожного транспортного средства, чтобы определить разность между действительными скоростями и назначенными скоростями плана поездки, и регулируют, по меньшей мере, один из установочных параметров первого моторизированного звена или установочных параметров второго моторизированного звена на основе разности между действительными скоростями и назначенными скоростями.

13. Способ по п.12, в котором регулируют, по меньшей мере, один из установочных параметров первого моторизированного звена или установочных параметров второго моторизированного звена для снижения разности между действительными скоростями и назначенными скоростями.

14. Способ по п.1, в котором дополнительно осуществляют мониторинг действительных скоростей железнодорожного транспортного средства, чтобы определить разность между действительными скоростями и назначенными скоростями плана поездки, и изменяют одну или более назначенных скоростей плана поездки, когда одна или более назначенных скоростей превысит пороговое значение.

15. Способ по п.1, в котором определение установочных параметров для первого моторизированного звена или второго моторизированного звена, чтобы железнодорожное транспортное средство двигалось с заданной скоростью, осуществляют автоматически, без вмешательства оператора.

16. Способ по п.1, в котором определение плана поездки осуществляют на основе данных, касающихся, по меньшей мере, одного из железнодорожного транспортного средства или пути следования железнодорожного транспортного средства без учета одного или более других железнодорожных транспортных средств.

17. Способ эксплуатации поезда, заключающийся в том, что определяют план поездки на борту поезда, используя информацию, полученную поездом, причем план поездки основан на параметрах, касающихся поезда, пути, по которому проследует поезд, и требований к движению, выполняемому поездом, при этом план поездки предписывает требуемые скорости, с которыми должен следовать поезд, чтобы снизить, по меньшей мере, одно из расхода топлива или выбросов, образующихся при движении поезда относительно пути в соответствии с одной или более другими скоростями, при этом предписанные скорости плана поездки выражены как функция, по меньшей мере, одного из расстояния или времени во время движения, и определяют установочные параметры установки мощности, режима энергоснабжения на борту поезда для первого локомотива и второго локомотива

поезда на основе предписанных скоростей плана поездки, причем установочные параметры установки мощности, режима энергоснабжения определяют для того, чтобы обеспечить перемещение поезда с заданными скоростями плана поездки, при этом для одной или более заданных скоростей плана поездки установочный
5 параметр установки мощности, режима энергоснабжения для первого локомотива отличается от установочного параметра установки мощности, режима энергоснабжения для второго локомотива, а план поездки определяют на основе данных, касающихся, по меньшей мере, одного из поезда или пути следования
10 поезда, и без учета всех других поездов, перемещающихся по сети дорог, которая содержит и путь перемещения поезда.

15

20

25

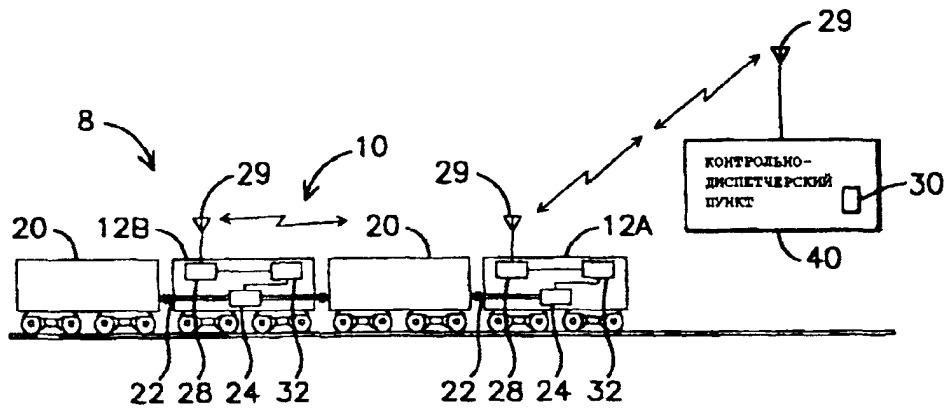
30

35

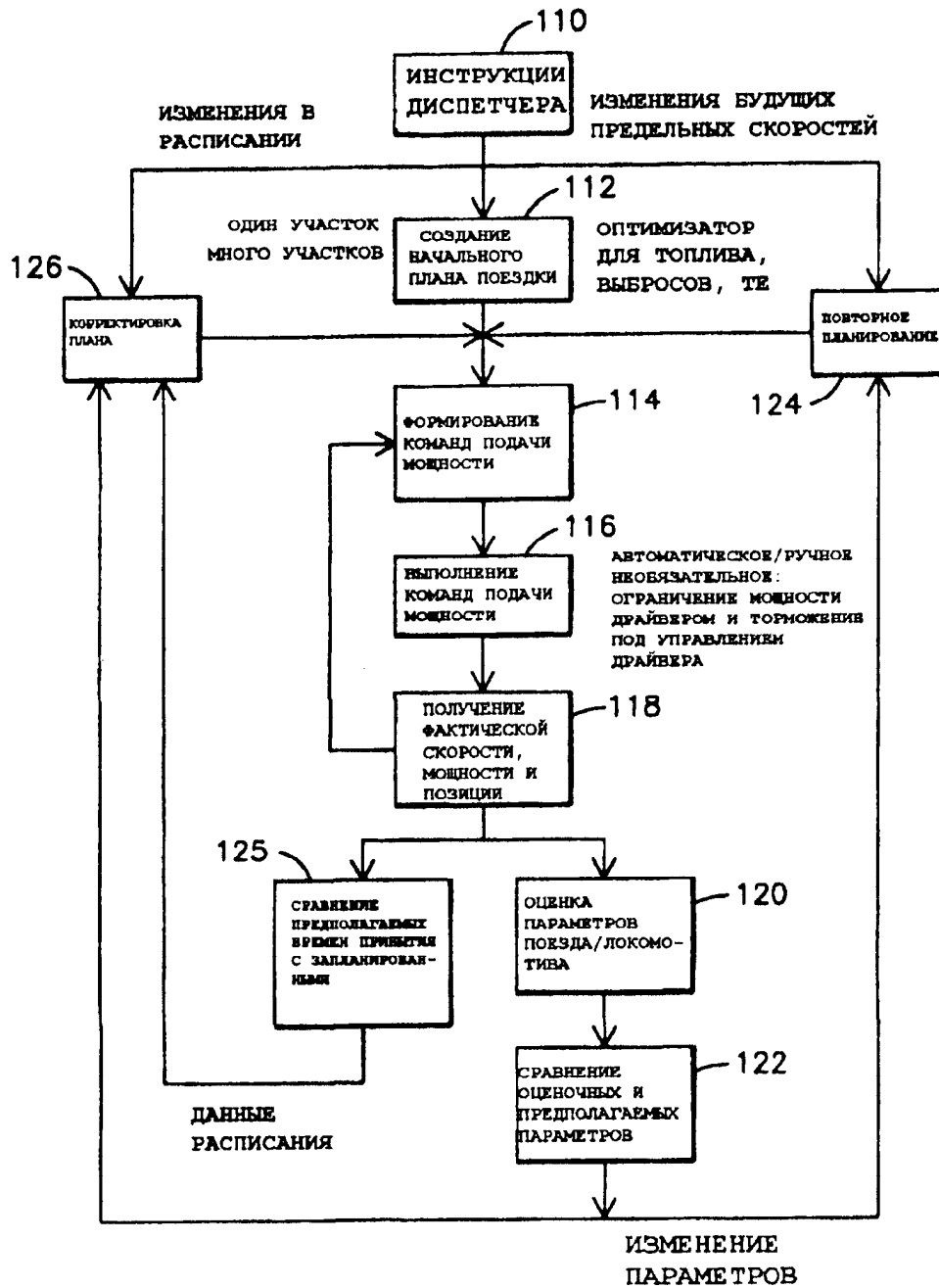
40

45

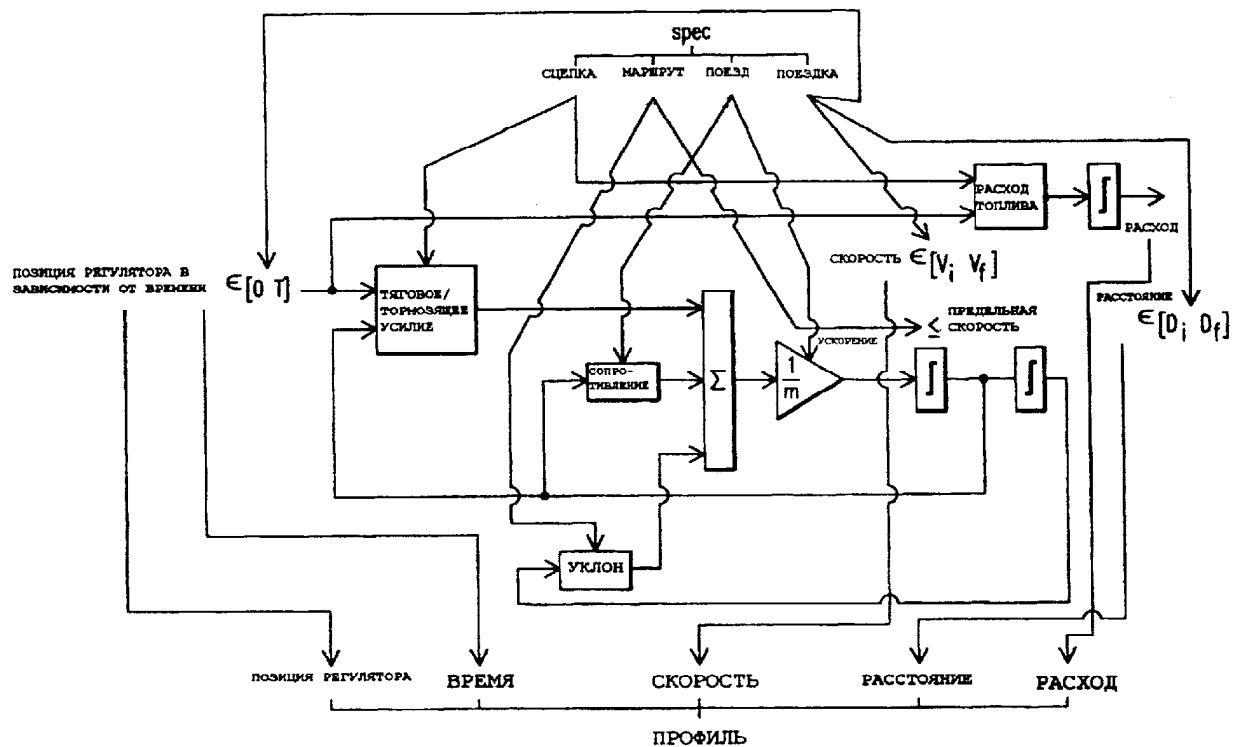
50



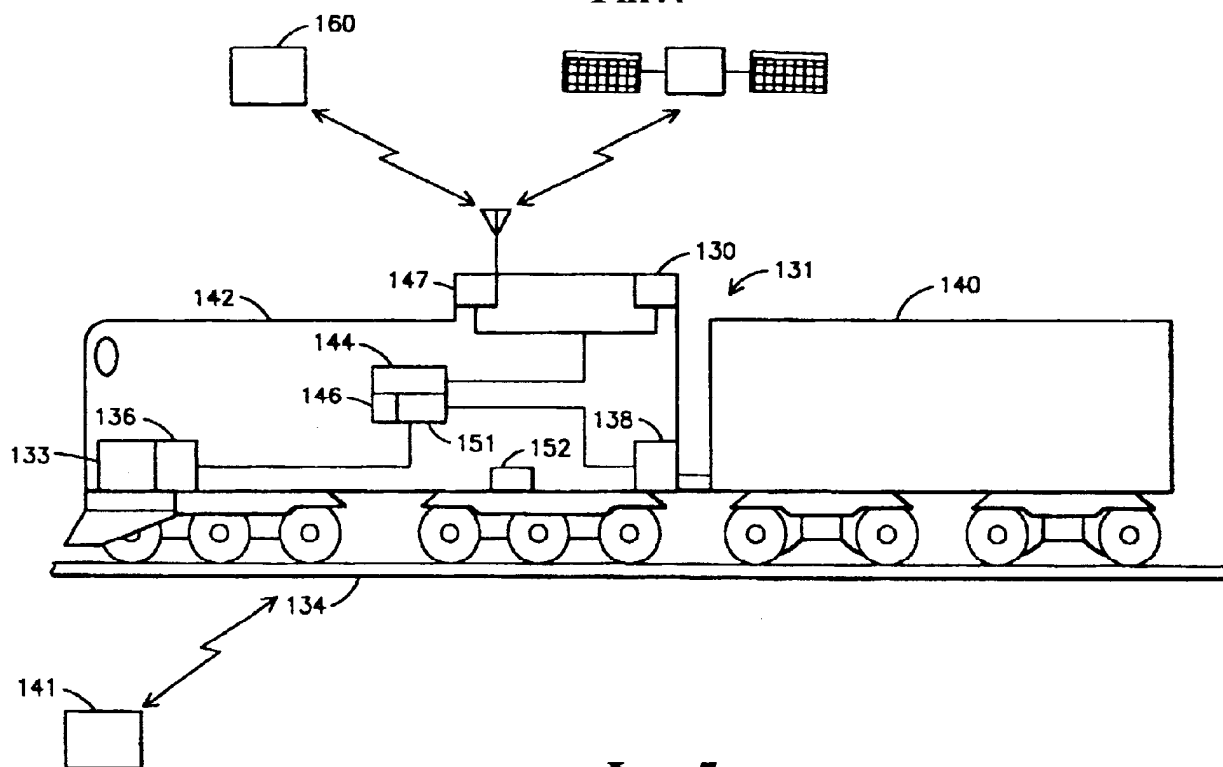
Фиг.2



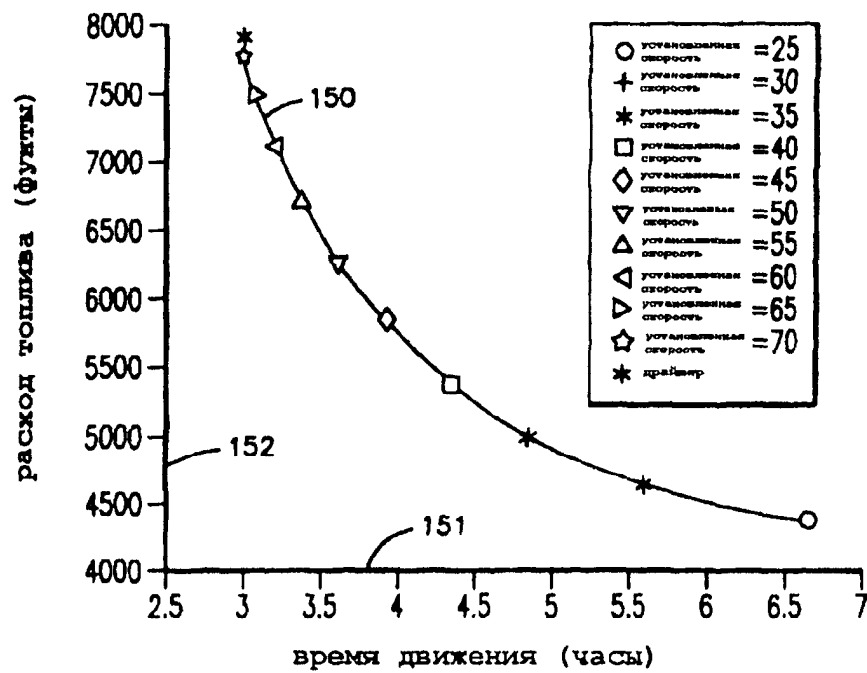
Фиг.3



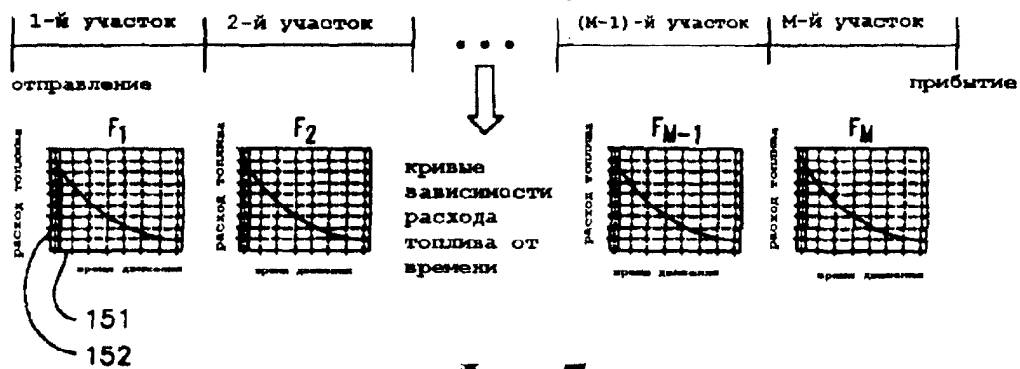
Фиг.4



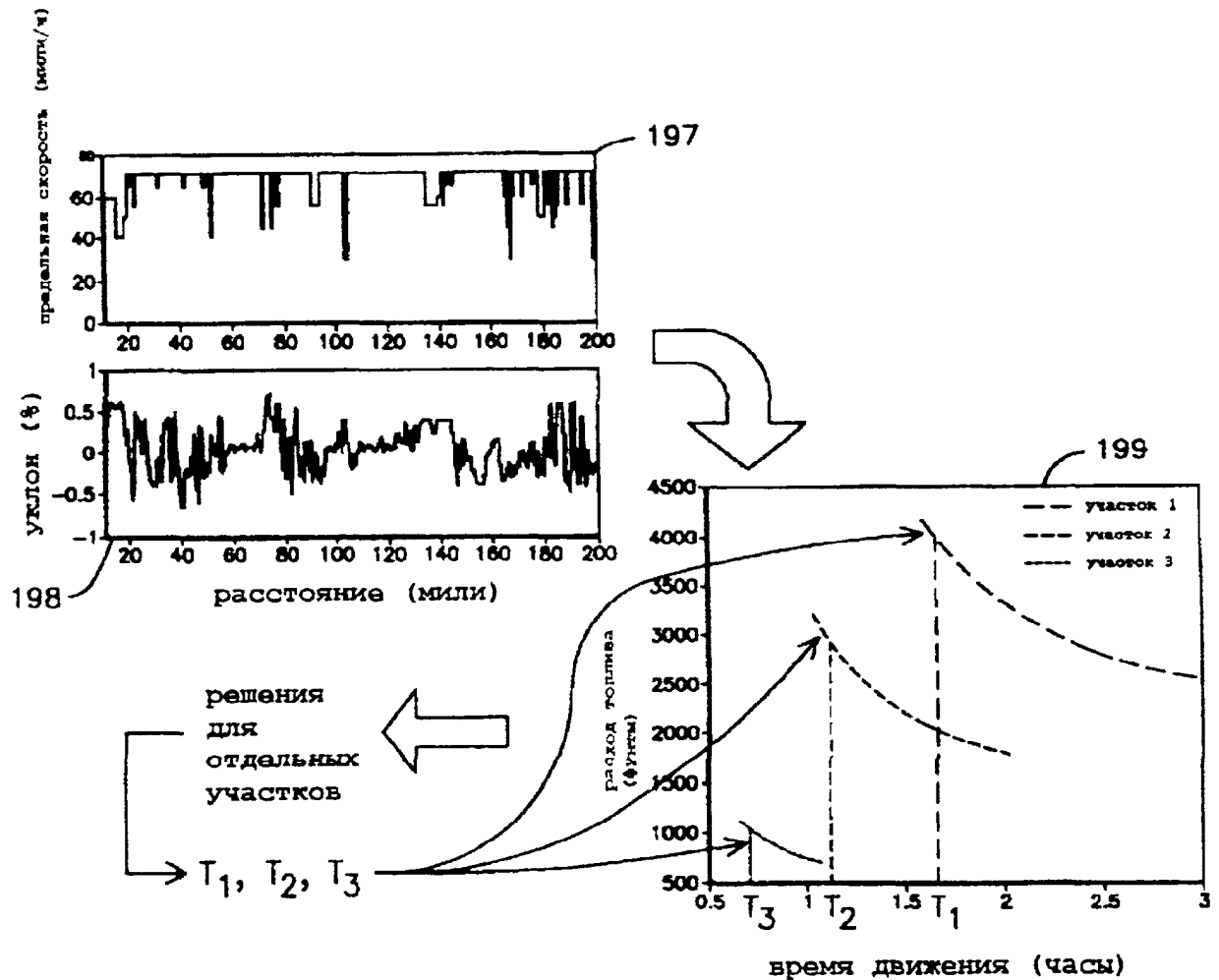
Фиг.5



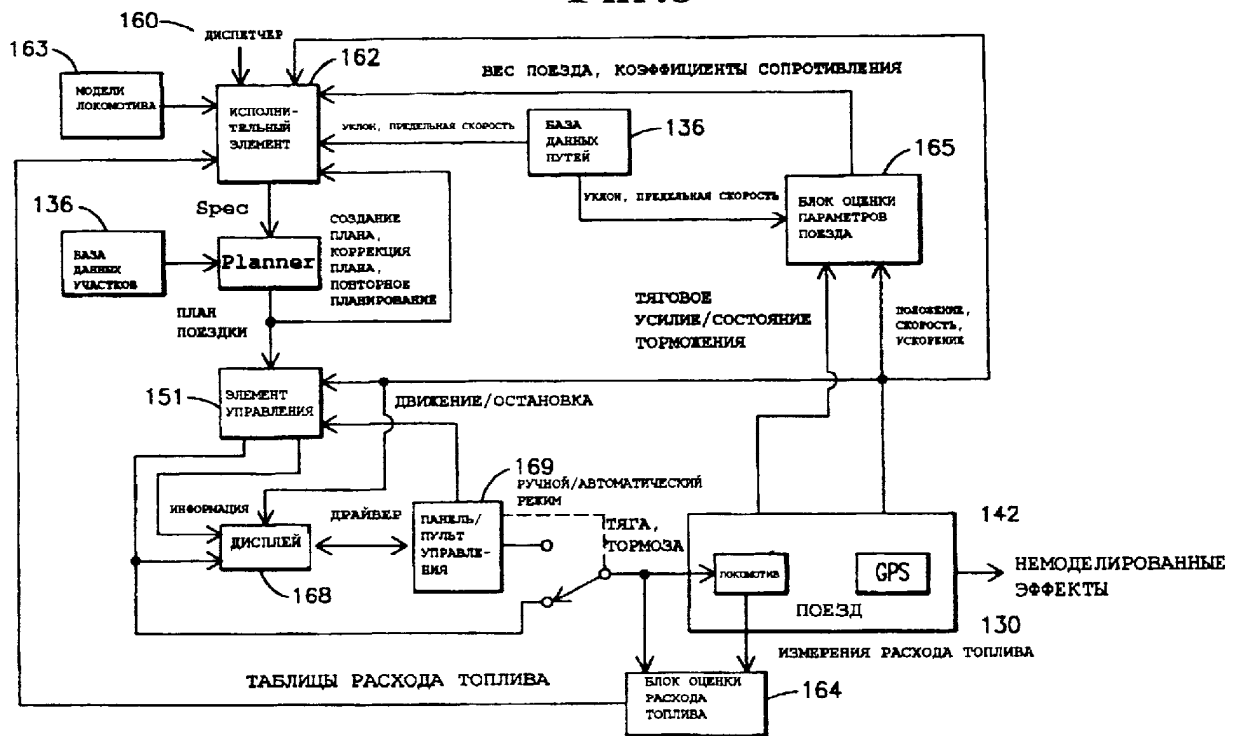
Фиг.6



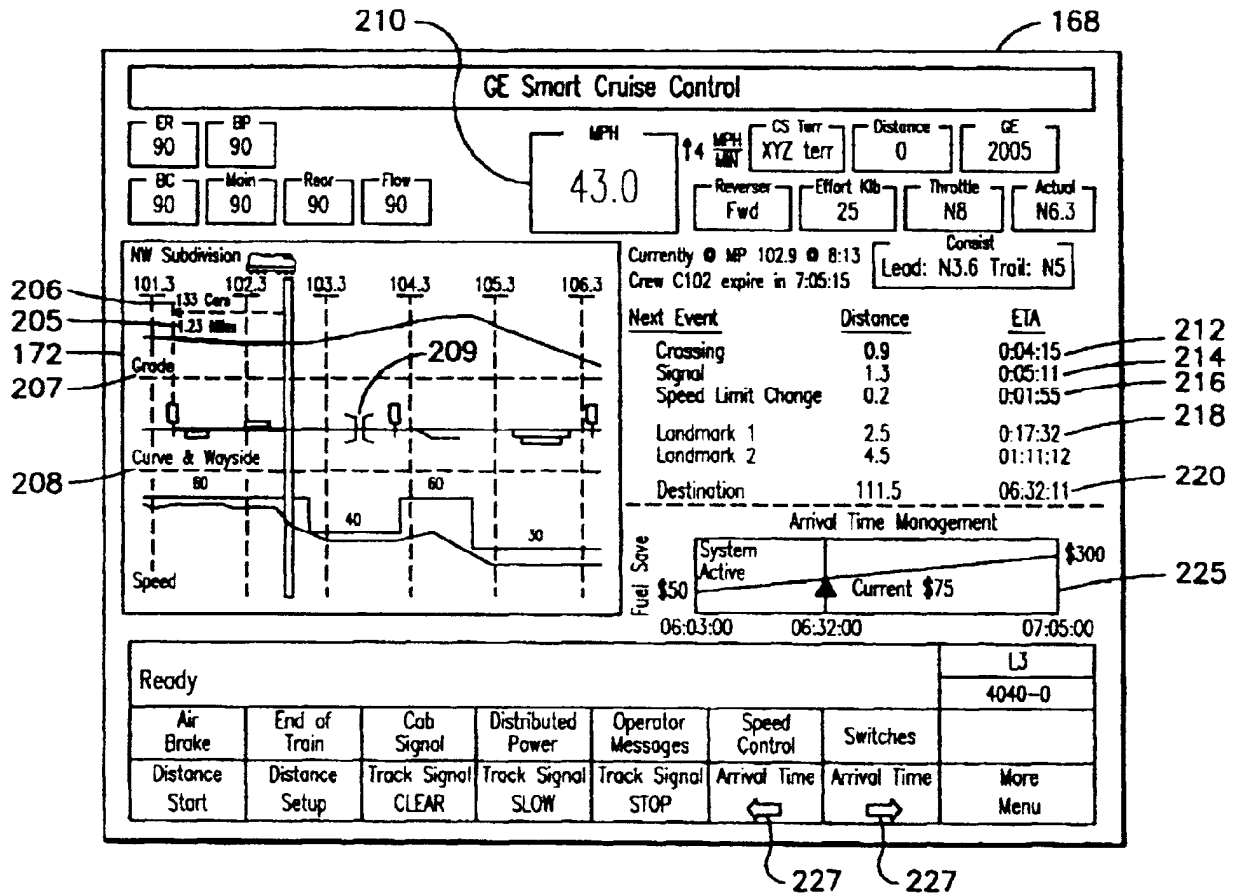
Фиг.7



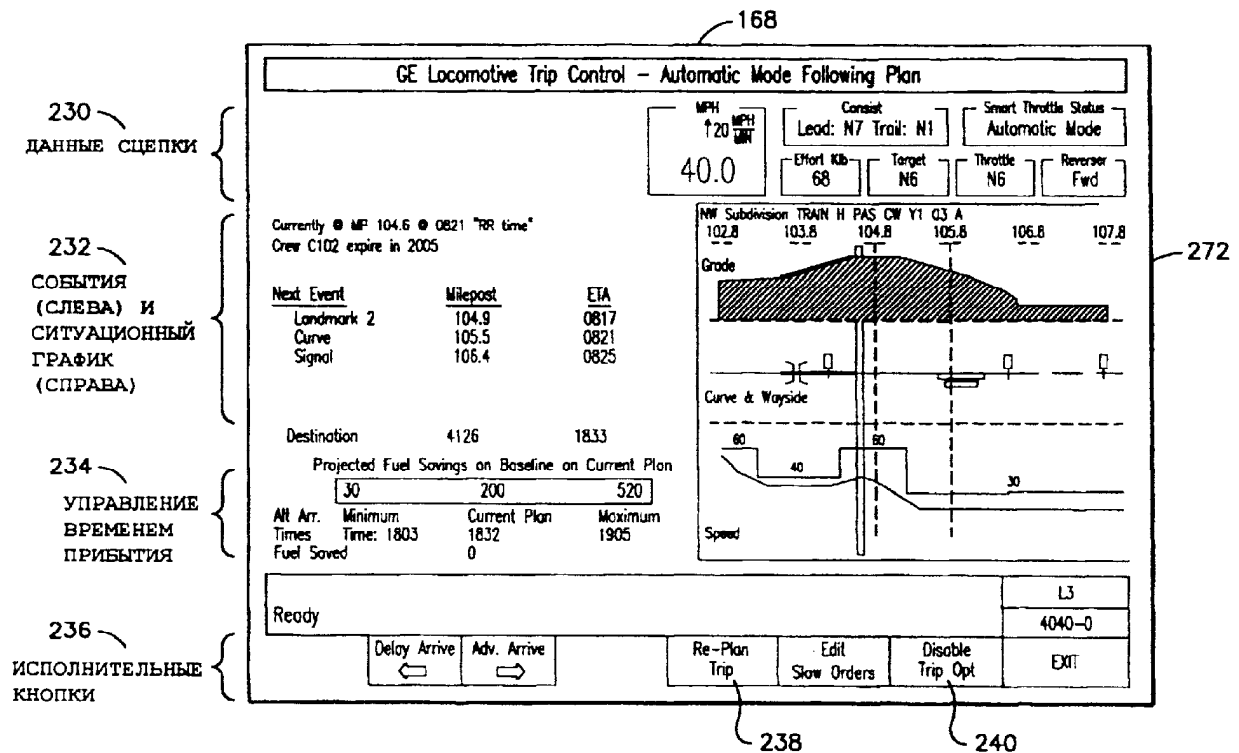
Фиг.8



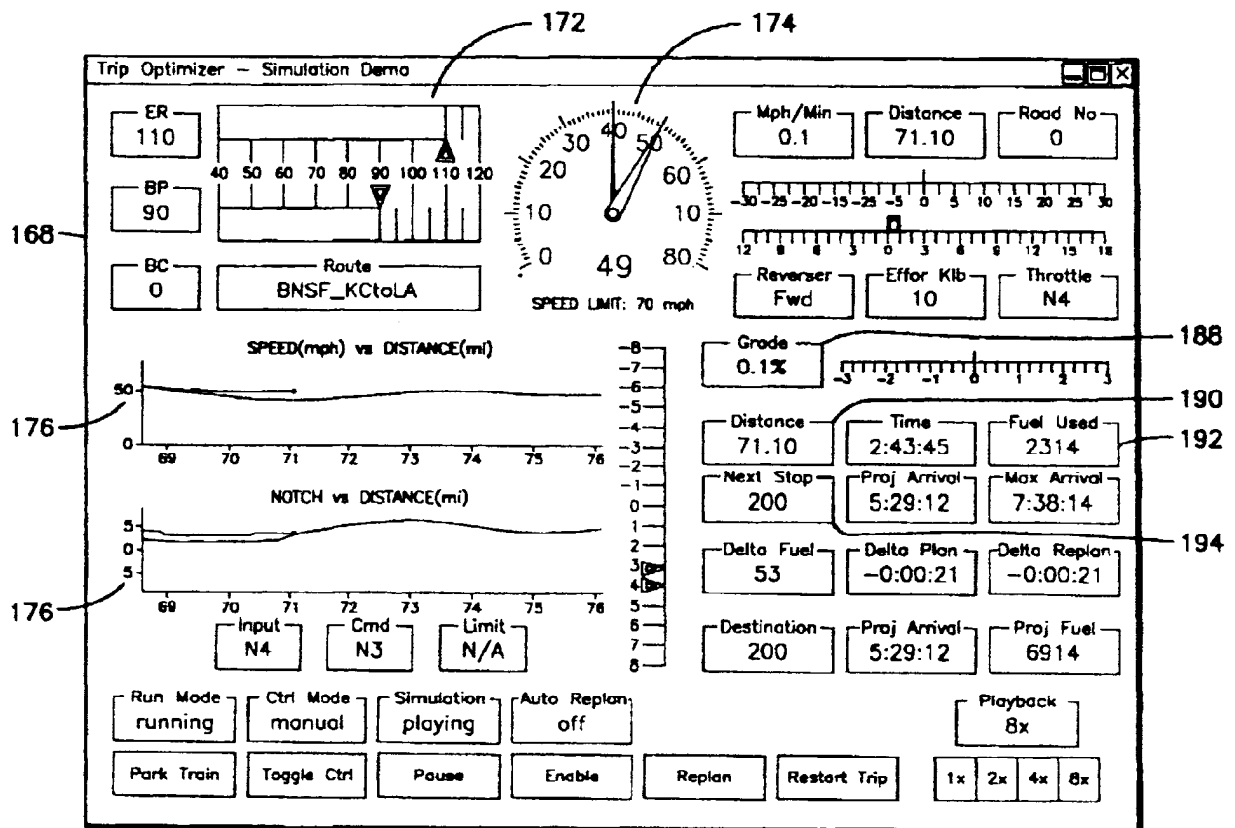
Фиг.9



Фиг.10



Фиг.11



Фиг.12