



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B62D 59/04 (2020.02); B60K 6/20 (2020.02); B60K 6/24 (2020.02); B60K 6/26 (2020.02); B60K 6/28 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019145146, 30.12.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.12.2019

Дата регистрации:  
29.09.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2019

(45) Опубликовано: 29.09.2020 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС, для Котиева  
(каф. СМ10)

(72) Автор(ы):

Котиев Георгий Олегович (RU),  
Карташов Александр Борисович (RU),  
Хренов Илья Олегович (RU),  
Газизуллин Руслан Ленарович (RU),  
Пикалов Никита Андреевич (RU),  
Зайцев Александр Петрович (RU),  
Чутков Константин Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Московский государственный  
технический университет имени Н.Э.  
Баумана (национальный исследовательский  
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

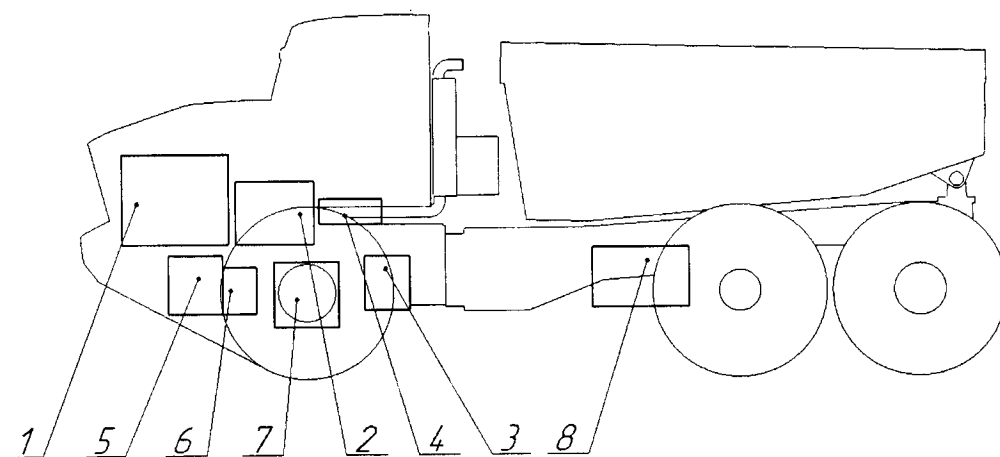
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 188506 U1, 16.04.2019. RU 2490161  
C2, 20.08.2013. RU 2684816 C2, 15.04.2019. RU  
2681463 C2, 06.03.2019.

(54) Тяговый электрический привод для гибридной шарнирно-сочлененной рабочей машины

(57) Реферат:

Полезная модель относится к трансмиссиям колесных транспортных средств, а именно к трансмиссиям гибридных шарнирно сочлененных рабочих машин. Технический результат в предлагаемой полезной модели - значительное снижение количества потребляемых энергоресурсов при эксплуатации транспортного средства, до 20% топлива при расчете за один цикл спуска-подъема в карьере в сравнении с дизельным самосвалом. Тяговый привод для шарнирно-сочлененной рабочей машины, состоящий из размещенных в передней части машины двигателя внутреннего сгорания, размещенного вдоль продольной оси машины, механически соединенного только с генератором

электрической энергии, питающим накопитель электрической энергии, расположенный в передней части машины, тягового электрического двигателя, механически соединенного с передним мостом машины через понижающий редуктор и размещенного в задней части машины тягового электродвигателя, механически соединенного с задним tandemным мостом с таким же передаточным числом, как и в переднем мосту, но при этом соединение заднего электродвигателя с задним мостом выполнено безредукторным, тяговые электродвигатели питаются от накопителя электрической энергии и управляются блоком управления тяговым приводом.



Фиг. 1

RU 199960 U1

RU 199960 U1

## Область техники

Полезная модель относится к трансмиссиям колесных транспортных средств, а именно к трансмиссиям гибридных шарнирно сочлененных рабочих машин.

## Уровень техники

5 Полезная модель описывается на примере шарнирно-сочлененного самосвала. Такие рабочие машины часто называют «внедорожные рабочие машины», «строительные машины», «машины для лесной промышленности» и «машины по перемещению грунта». Шарнирно-сочлененные самосвалы, как правило, применяются при строительстве  
10 дорог, в песчаных карьерах, шахтах и на строительных площадках. Их особенностью является то, что они могут перевозить грузы большой массы, как в хороших дорожных условиях, так и в условиях отсутствия дорог, т.е. на пересеченной местности и на скользких поверхностях. Такие различные условия эксплуатации шарнирно-сочлененных самосвалов требуют обеспечения на ведущих колесах широкого диапазона изменения угловых скоростей вращения и крутящего момента.

15 Шарнирно-сочлененное транспортное средство можно условно разделить на переднюю и заднюю секции, соединенные друг с другом шарниром (узлом сочленения). В случае традиционного карьерного шарнирно-сочлененного самосвала в передней секции располагается передняя рама, двигатель внутреннего сгорания, раздаточная коробка в одном корпусе с коробкой передач, передний мост и кабина; а в задней секции  
20 располагается задняя рама, грузовая платформа, средний и задний мосты, либо тандемный мост с двумя осями. Передняя и задняя части шарнирно-сочлененного самосвала соединяются друг с другом двумя последовательно расположенными шарнирами. Один шарнир позволяет передней части самосвала вращаться относительно задней вокруг вертикальной оси, проходящей через центр шарнира, и тем самым  
25 обеспечивать поворот транспортного средства. Второй шарнир позволяет взаимное вращение передней и задней частей самосвала относительно продольной оси, проходящей через центр шарнира. Второй шарнир предназначен для улучшения проходимости при движении по пересеченной местности.

Как правило, шарнирно-сочлененный самосвал имеет колесную формулу 6×6, т.е.  
30 три ведущие оси: одну ось в передней части и две в задней, и полностью механическую трансмиссию, включающую в себя карданный шарнир, проходящий через узел сочленения передней и задней секций рабочей машины. Как правило, этот карданный шарнир ограничивает максимальный угол складывания передней и задней секций при повороте самосвала. Требуемый широкий диапазон изменения угловых скоростей  
35 вращения и крутящего момента, подводимого к ведущим колесам, обеспечивается применением многоступенчатой коробки передач вкупе с несколькими передачами в раздаточной коробке, что приводит к существенному снижению коэффициента полезного действия всей трансмиссии и накладывает ограничение на изменение пропорции, в которой подводимый к ведущим колесам от двигателя внутреннего сгорания крутящий  
40 момент делится между колесами передней и задней секций.

В качестве прототипа рассматривается гибридная электрическая рабочая машина (патент RU 2490161 С2 «Гибридная электрическая рабочая машина», опубликован 10.04.2012), содержащая переднюю часть с передней рамой, заднюю часть с задней рамой, первую и вторую группы взаимодействующих с поверхностью земли элементов,  
45 средство передачи электрической энергии от электромашины к электродвигателю, первый и второй шарниры между передней и задней частями, устройство рулевого управления. Одна из частей содержит источник энергии, а другая электродвигатель/электродвигатели для привода взаимодействующих с поверхностью земли элементов.

Источник энергии содержит электромашину и устройство получения механической энергии. Второй шарнир в составе рулевого управления обеспечивает поворот передней части относительно задней части вокруг вертикальной оси. Часть рабочей машины, на которой установлено устройство получения механической энергии, содержит механическое устройство для передачи мощности от устройства получения механической энергии на имеющиеся у этой части взаимодействующие с поверхностью земли элементы. Двигатель внутреннего сгорания расположен поперек продольной оси транспортного средства.

Недостатком изобретения является механический привод передней оси рабочей машины от двигателя внутреннего сгорания. Такое решение для обеспечения требуемого широкого диапазона изменения угловых скоростей вращения и крутящего момента, подводимого к колесам механически связанной с двигателем внутреннего сгорания оси, влечет за собой применение между двигателем внутреннего сгорания и осью многоступенчатой коробки передач, которая значительно снижает коэффициент полезного действия и усложняет конструкцию трансмиссии в силу большого количества подшипниковых опор, зубчатых передач и других взаимодействующих друг с другом элементов. А также приводит к тому, что двигатель внутреннего сгорания большую часть времени работает в тяговом режиме и производит при этом значительное количество вредных выбросов. При этом расположение тяговых аккумуляторных батарей в задней части самосвала приводит к снижению допустимой полезной нагрузки на величину суммарной массы накопителей электрической энергии.

#### Раскрытие полезной модели

Технический результат в предлагаемой полезной модели - значительное снижение количества потребляемых энергоресурсов при эксплуатации транспортного средства, до 20% топлива при расчете за один цикл спуска-подъема в карьере в сравнении с дизельным самосвалом.

Данный технический результат достигается тем, что тяговый электрический привод для гибридной шарнирно-сочлененной рабочей машины состоит из размещенных в передней части транспортного средства двигателя внутреннего сгорания, размещенного вдоль продольной оси транспортного средства, механически соединенного с генератором электрической энергии и механически несоединенного с ведущими колесами; как минимум одного накопителя электрической энергии, расположенного в передней части рабочей машины; тягового электрического двигателя, механически соединенного с передним мостом через понижающий редуктор; и размещенного в задней части тягового электродвигателя, механически соединенного с tandemным мостом с таким же передаточным числом, как и в переднем мосту, но без дополнительного редуктора между мостом задней тележки и соответствующим ей электродвигателем.

Двигатель внутреннего сгорания, установленный на борту транспортного средства, механически соединен только с генератором, а тяговые электродвигатели - с ведущими колесами. Такое решение позволяет во время эксплуатации транспортного средства обеспечить работу двигателя внутреннего сгорания при определенных фиксированных значениях оборотов коленчатого вала и степени подачи топлива в режиме экономичного потребления топлива и низкого содержания вредных веществ в отработавших газах. Электрическая энергия, вырабатываемая генератором, запасается в накопителе электрической энергии, который питает в зависимости от массы перевозимого груза и дорожных условий либо только электродвигатель передней оси, установленный на входном валу переднего моста через редуктор, либо электродвигатель передней оси и

электродвигатель задней тележки. Выключение электродвигателя передней оси в легких условиях движения позволяет сократить количество потребляемого топлива.

Применение для привода передней оси электродвигателя, установленного через понижающий редуктор, позволяет исключить из состава трансмиссии сложную многоступенчатую коробку передач и тем самым сохранить КПД трансмиссии на высоком уровне. При этом передаточные числа главных передач всех мостов рабочей машины одинаковые, а выравнивание угловых скоростей вращения колес при движении самосвала происходит за счет согласования угловых скоростей вращения в электродвигателях передней оси и задней тележки посредством специального блока управления тяговым электроприводом.

#### Перечень фигур

На фиг. 1 представлена схема размещения элементов тягового электрического привода в шарнирно сочлененной рабочей машине.

На фиг. 2 представлены тягово-динамическая характеристика шарнирно сочлененной гибридной рабочей машины.

#### Осуществление полезной модели

Тяговый электрический привод гибридной шарнирно-сочлененной рабочей машины состоит из размещенных в передней части транспортного средства двигателя внутреннего сгорания (1), размещенного вдоль продольной оси автомобиля, механически соединенного с генератором электрической энергии (2), инвертора вкуче с электронным модулем (3), как минимум одного накопителя электрической энергии (4), тягового электрического двигателя (5), соединенного с передним мостом (7) через понижающий одноступенчатый редуктор (6); и размещенного в задней части тягового электродвигателя (8) соединенного с tandemным мостом без дополнительного редуктора. При этом передаточные числа главных передач всех мостов рабочей машины одинаковые, а выравнивание угловых скоростей вращения колес при движении самосвала происходит за счет согласования угловых скоростей вращения в электродвигателях передней оси (5) и задней тележки (8) посредством специального блока управления тяговым электроприводом.

Установленный в передней части двигатель внутреннего сгорания (1) во время эксплуатации транспортного средства работает при определенных фиксированных значениях оборотов коленчатого вала и степени подачи топлива в режиме низкого содержания вредных веществ в отработавших газах. При этом электрическая энергия, вырабатываемая генератором (2), запасается в накопителе электрической энергии (4), который питает в зависимости от массы перевозимого груза и дорожных условий либо только электродвигатель передней оси, установленный на входном валу переднего моста (7) через редуктор (6), либо электродвигатель передней оси (5) и электродвигатель задней тележки (8). Обеспечение работы бортового двигателя внутреннего сгорания в режиме низкого содержания вредных выбросов позволяет отчасти решить проблему низкого качества воздуха в карьерах и на строительных площадках и таким образом улучшить условия труда.

Размещение накопителей электрической энергии (4) в передней части шарнирно-сочлененного транспортного средства позволяет догрузить переднюю ось и при этом сохранить массу перевозимого груза на уровне дизельного аналога.

Для подобной шарнирно-сочлененной рабочей машины характерны два типовых режима движения: 1) движение без полезного груза от места разгрузки к месту загрузки и 2) движение с полезным грузом от места загрузки к месту разгрузки. Первый режим характеризуется более высокими скоростями движения и меньшей потребной для

обеспечения движения мощностью, подводимой к ведущим колесам. В то время как второй режим наоборот характеризуется более низкими скоростями движения и большей необходимой для обеспечения движения подводимой мощностью к ведущим колесам.

Таким образом, предлагается при движении в первом режиме двигаться только с использованием электродвигателя задней тележки (8) с широким диапазоном скоростей вращения выходного вала. А при движении во втором режиме дополнительно подключать электромотор передней оси (5) с узким диапазоном скоростей вращения выходного вала установленным через понижающий редуктор (6). Отсюда следует, что в качестве электродвигателя передней оси (5) возможно применить электродвигатель значительно меньшей массы и стоимости в сравнении с электродвигателем задней тележки (8). Таким образом, путем применения двух электродвигателей: с широким диапазоном скоростей вращения выходного вала в задней части и с узким диапазоном в передней части представляется возможным удовлетворить тягово-динамические требования без применения многоступенчатой коробки передач и раздаточной коробки и тем самым значительно упростить конструкцию трансмиссии рабочей машины и нивелировать потери в большом количестве подшипниковых опор, зубчатых пар и т.д., а также дает возможность реализации сложных алгоритмов распределения крутящего момента между осями передней и задней секций рабочей машины.

Одним из типовых вариантов эксплуатации шарнирно-сочлененных рабочих машин является доставка породы со дна карьера к месту разгрузки. В таких условиях половину всего времени эксплуатации рабочая машина движется на спуск и рекуперировывает механическую энергию торможения, запасая ее в накопителях энергии. После чего расходует запасенную энергию при движении на подъем. В предлагаемой электрической трансмиссии предусмотрена возможность рекуперации энергии торможения, которая в таких условиях эксплуатации оказывает существенное влияние на снижение количества потребляемого за ездовой цикл топлива.

Описанные приемы позволяют сэкономить до 20% топлива при расчете за один цикл спуска-подъема в карьере в сравнении с дизельным самосвалом.

Также применение тяговых электродвигателей для привода и передней оси и задней тележки позволяет реализовать плавное трогание рабочей машины с места без пробуксовки и таким образом повысить показатели подвижности.

На фиг. 2 представлена тягово-динамическая характеристика гибридной шарнирно-сочлененной рабочей машины в режимах движения с грузом и без груза, подтверждающая высокие тягово-динамические свойства.

Кроме того, тяговые аккумуляторные батареи (4) могут заряжаться от стационарного источника электрической энергии, например, на стоянке рабочей машины от стационарного источника питания, подключенного к электрической сети, как альтернатива зарядке от бортового генератора.

Данная полезная модель разработана в рамках выполнения работ по Соглашению от «26» ноября 2018 г. №075-02-2018-227 (14.577.21.0287) МГТУ им. Н.Э. Баумана с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Уникальный идентификатор RFMEFI57718X0287.

#### (57) Формула полезной модели

Тяговый привод для шарнирно-сочлененной рабочей машины, состоящий из размещенных в передней части машины двигателя внутреннего сгорания, размещенного вдоль продольной оси машины, механически соединенного только с генератором электрической энергии, питающим накопитель электрической энергии, расположенный

в передней части машины, тягового электрического двигателя, механически  
соединенного с передним мостом машины через понижающий редуктор и размещенного  
в задней части машины тягового электродвигателя, механически соединенного с задним  
танDEMным мостом с таким же передаточным числом, как и в переднем мосту, но при  
5 этом соединение заднего электродвигателя с задним мостом выполнено безредукторным,  
тяговые электродвигатели питаются от накопителя электрической энергии и управляются  
блоком управления тяговым приводом.

10

15

20

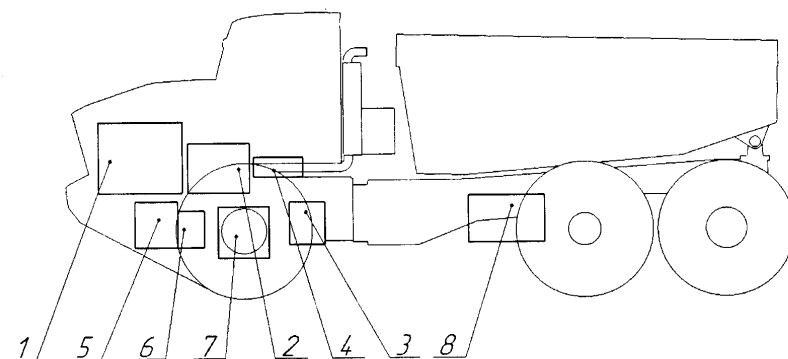
25

30

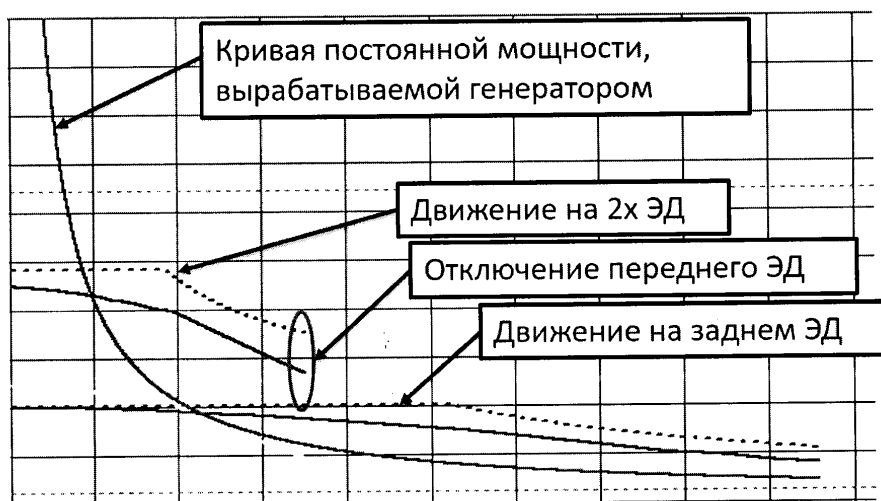
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2