

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202291433 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.12.30

(51) Int. Cl. *F16C 33/30* (2006.01)
F16C 37/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.06.09

(54) УЗЕЛ КЕРАМИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА

(31) 63/213,408; 17/580,903

(32) 2021.06.22; 2022.01.21

(33) US

(71) Заявитель:
ТРАНСПОРТЕЙШН АйПи
ХОЛДИНГС, ЛЛС (US)

(72) Изобретатель:

Толон Брэндон Томас, Джэксон Кори
Ли, Рихтер Деннис, Кумар Сиддартх
Прасанна (US)

(74) Представитель:

Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)

(57) Предлагается система, которая может содержать генератор или альтернатор. Узел керамического подшипника находится в альтернаторе или генераторе. Узел керамического подшипника может содержать одно или несколько керамических тел качения, сформированных из керамического материала, не содержащего металла, и расположенных между металлическим внутренним кольцом и наружным кольцом узла керамического подшипника.

A1

202291433

202291433

A1

УЗЕЛ КЕРАМИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННУЮ ЗАЯВКУ

[0001] В данной заявке испрашивается приоритет по предварительной заявке на патент США № 63/213,408, поданной 22 июня 2021 г., содержание которой включено в данный документ посредством ссылки.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002] Предмет изобретения по данному описанию относится к системе узла керамического подшипника и связанному с ней способу.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0003] Различные транспортные средства находят различное применение. Горнодобывающие транспортные средства могут применяться для перевозки тонн груза на рабочие участки и из них. Помимо транспортировки чрезвычайно больших количеств массы груза, загружаемого в горнодобывающее транспортное средство, для такого транспортного средства могут требоваться многократные старты и остановки. Этот процесс может выполняться на неровной местности или на местности с большим уклоном. При этом такие транспортные средства перевозят грузы с рабочего участка в требуемое место назначения. Хотя двигатель транспортного средства может создавать крутящий момент, требуемый для старта загруженного транспортного средства на любой местности, оно должно обладать способностью передвижения с максимальной скоростью, которая приемлема для заданной автомагистрали. Горнодобывающие транспортные средства подвергаются иным условиям работы, чем другие транспортные средства. Другие специализированные транспортные средства, например, локомотивы, характеризуются специфичными для их работы параметрами, которые могут отличаться от подобных параметров для других транспортных средств.

[0004] В некоторых транспортных средствах электроэнергия может предоставляться от альтернатора. Интервал капитального ремонта или срок службы альтернатора может

ограничиваться сроком службы подшипника альтернатора. Рост температуры в подшипнике может оказывать влияние на срок службы подшипника альтернатора. Кроме того, при увеличенной температуре может происходить сокращение срока службы смазочного материала. Разность температур внутри подшипника также способна приводить к изменению зазора подшипника, что сокращает срок службы подшипника. Возникает необходимость в наличии способов и систем для сборки узлов подшипников, а также подшипников, которые бы отличались от имеющихся на рынке.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0005] В одном или нескольких вариантах реализации изобретения предлагается система, которая может содержать узел керамического подшипника. Узел керамического подшипника может содержать одно или несколько керамических тел качения, расположенных между металлическим внутренним кольцом и наружным кольцом узла керамического подшипника.

[0006] В одном или нескольких вариантах реализации изобретения предлагается система, которая может содержать генератор или альтернатор. Узел керамического подшипника может быть соединен с генератором или альтернатором. Узел керамического подшипника также может содержать одно или несколько керамических тел качения, сформированных из керамического материала, не содержащего металла, и расположенных между металлическим внутренним кольцом и наружным кольцом узла керамического подшипника.

[0007] В одном или нескольких вариантах реализации изобретения предлагается система, которая может содержать транспортное средство с одним или несколькими из альтернатора или генератора, выполненного с возможностью преобразования механической энергии в электрическую энергию. Указанная система может также содержать узел керамического подшипника, который установлен на валу, выполненном в составе альтернатора. Узел керамического подшипника может содержать одно или несколько керамических тел качения, расположенных между внутренним кольцом и наружным кольцом узла керамического подшипника.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

[0008] Предмет изобретения будет понятен в результате прочтения нижеследующего описания неограничивающих вариантов реализации изобретения с использованием прилагаемых графических материалов, далее на которых:

[0009] на фиг. 1А представлено изображение в разрезе альтернатора/генератора, содержащего узел подшипника;

[0010] на фиг. 1В представлено изображение в разрезе узла подшипника;

[0011] на фиг. 1С представлено изображение в разрезе электродвигателя, содержащего узлы подшипников;

[0012] на фиг. 2 представлена блочная структурная схема системы горнодобывающего транспортного средства;

[0013] на фиг. 3 представлена структурная схема альтернатора, соединенного по электрической цепи с электродвигателем;

[0014] на фиг. 4 представлена блок-схема способа снижения температуры узла подшипника, работающего в сочетании с дизельным двигателем горнодобывающего транспортного средства;

[0015] на фиг. 5 представлена диаграмма временной зависимости подъема температуры узла подшипника;

[0016] на фиг. 6 представлена диаграмма временной зависимости подъема температуры узла подшипника;

[0017] на фиг. 7 представлена диаграмма временной зависимости подъема температуры узла подшипника.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0018] Варианты реализации изобретения по данному описанию могут относиться к системам узла керамического подшипника и связанным с ними способам. Узел керамического подшипника может быть адаптирован для применения во вращающемся оборудовании. К пригодному вращающемуся оборудованию может относиться, например, альтернатор или генератор. Такие варианты исполнения вращающегося оборудования

могут являться стационарными или передвижными. Передвижные варианты исполнения могут быть размещены внутри транспортного средства. К пригодным транспортным средствам могут относиться автомобили, горнодобывающие транспортные средства, рельсовый подвижной состав, морские суда, самолеты, дорожные грузовые автомобили, сельскохозяйственная и промышленная техника, и тому подобное. При этом альтернатор или генератор может применяться совместно с двигателем для преобразования механической энергии в электрическую. Узел гибридного керамического подшипника может содержать многие керамические тела качения, расположенные между внутренним кольцом и наружным кольцом узла гибридного керамического подшипника. Керамические тела качения могут характеризоваться относительно меньшей массой и более низким коэффициентом трения по сравнению с другими имеющимися на рынке подшипниками. Меньшая масса и более низкий коэффициент трения могут приводить к снижению роста температуры в подшипнике во время работы. Это может приводить к достижению более низкой абсолютной температуры. За счет предлагаемых керамических тел качения может быть снижен рост температуры, создаваемый узлом подшипника, что будет увеличивать срок службы альтернатора/генератора. Керамические тела качения могут являться более устойчивыми к тонким слоям смазочного материала за счет более высокого качества обработки поверхности. Керамические тела качения могут являться относительно более устойчивыми к ложному бринеллированию за счет более низкой скорости износа при сочетании в материале стали и керамики. В частности, такое ложное бринеллирование может происходить при перевозке и транспортной обработке традиционных подшипников. Кроме того, пониженная рабочая температура может приводить к уменьшению температуры смазочного материала и, следовательно, увеличению срока службы смазочного материала.

[0019] На фиг. 1А представлен узел 100 гибридного керамического подшипника, который выполнен совместно с альтернатором 102, присоединенным к двигателю 104. В варианте реализации изобретения на изображении двигатель представляет собой дизельный двигатель. В некоторых вариантах реализации изобретения альтернатор может представлять собой генератор. Вал 106 может быть выполнен в составе альтернатора. Подшипник в узле подшипника устанавливается на вал при сборке оборудования. В одном примере в альтернаторе предлагается только один узел подшипника. Двигатель на изображении представляет собой дизельный двигатель.

[0020] Как показано на виде в разрезе гибридного керамического подшипника на фиг. 1В, указанный подшипник может содержать внутреннее кольцо 108, которое входит в соприкосновение с валом и осуществляет вращение с его помощью. Пригодное внутреннее кольцо может представлять собой металл, пластмассу, керамику или сочетание вышеуказанного. Внутреннее кольцо может быть закреплено или соединено с валом. Пригодные способы соединения могут включать фрикционную посадку на вал, механическое крепление, сварку и тому подобное. В одном варианте реализации изобретения узел гибридного керамического подшипника может содержать наружное кольцо 110, в радиальном направлении расположенное на расстоянии от внутреннего кольца. В одном примере наружное кольцо может входить в соприкосновение с наружной стенкой 112 корпуса 114. Такое соприкосновение может предотвращать вращение наружного кольца относительно внутреннего кольца. В одном примере наружное кольцо изготовлено из того же материала, что и внутреннее кольцо. В одном варианте реализации изобретения внутреннее и наружное кольца выполнены из материалов, отличающихся друг от друга, в том числе из разных металлов или сплавов металлов.

[0021] Между внутренним кольцом и наружным кольцом может быть расположена дорожка 116 качения, в которой размещены керамические тела 118 качения. Дорожка качения может в виде дуги проходить вдоль внешней границы внутреннего кольца и обладает размером и формой, позволяющими размещение каждого из керамических тел качения. В одном примере керамические тела качения могут размещаться в сепараторе 119. Керамические тела качения вращаются вокруг вала вместе с внутренним кольцом, при этом они катятся или передвигаются по окружности неподвижного наружного кольца. За счет присутствия керамических тел качения, расположенных между внутренним кольцом и наружным кольцом, величина силы трения, создаваемого между движущимися телами качения, может быть меньшей, чем в случае непосредственного соприкосновения внутреннего кольца с наружным кольцом.

[0022] Пригодные керамические тела качения могут являться сферическими, цилиндрическими, конусными, усеченными и тому подобное, и выбираться на основании параметров конечного применения. Пригодные керамические тела качения могут являться сплошными, полыми или выполненными с пустотами. Пригодные керамические тела качения в одном варианте реализации изобретения могут быть покрыты керамикой, в

другом варианте реализации изобретения могут иметь керамическую сердцевину или могут являться однородными (и керамическими) по отношению к материалу по всему объему.

[0023] Узел гибридного керамического подшипника может быть изготовлен из керамического материала. К пригодным керамическим материалам может относиться однородная керамика или металлокерамические материалы. Каждое керамическое тело качения может содержать по меньшей мере часть керамического тела качения, изготовленную из керамического материала. С этой целью в одном варианте реализации изобретения каждое из керамических тел качения может быть выполнено из керамического материала без добавок какого-либо иного материала. В одном примере керамическое тело качения может содержать как керамические, так и металлические материалы. Например, керамическое тело качения может быть изготовлено из 99,99 % керамики по массе и 0,01 % по массе другого материала, в том числе металла. В другом примере керамическое тело качения может быть изготовлено из 0,01 % керамики по массе и 99,99 % по массе другого материала, например металла. В другом примере керамическое тело качения может представлять собой на по меньшей мере 50 % по массе керамический материал. В других примерах керамическое тело качения может представлять собой на по меньшей мере 20 % по массе керамический материал. В зависимости от условий конечного применения пригодная керамика может быть выбрана с учетом ее температуры плавления, твердости, проводимости, модулей упругости, химической стойкости и способности к пластической деформации. Требования условий конечного применения оказывают сильное влияние на выбор материала подшипника. Требования более тяжелых условий работы определяют более избирательный выбор материала. К пригодному керамическому материалу относятся неорганические неметаллические материалы. В одном варианте реализации изобретения керамика выбрана из кристаллических оксидных, нитридных или карбидных материалов. В одном варианте реализации изобретения керамика может содержать углерод или кремний. В одном варианте реализации изобретения керамика может содержать оксид алюминия (глинозем), карбид кремния и/или карбид вольфрама. В одном варианте реализации изобретения пригодная керамика представляет собой композит с керамической матрицей (СМС). В одном варианте реализации изобретения керамика представляет собой оксид. В одном варианте реализации изобретения керамика представляет собой неоксидный материал. В одном варианте реализации изобретения керамика представляет собой композитный материал. К пригодным оксидам может относиться одно или несколько из

оксидов алюминия, бериллия, церия и циркония. К пригодным неоксидным материалам может относиться одно или несколько из карбидов, боридов, нитридов и силицидов. В одном примере в качестве тела качения применяется нитрид кремния Si_3N_4 . В то же время в одном варианте реализации изобретения покрытие из оксида алюминия применяется для изоляции внутреннего кольца, наружного кольца или того и другого для снижения теплопередачи. Исходя из вышеизложенного, пригодные композитные материалы могут быть армированы твердыми частицами, армированы волокнами, и могут представлять собой сочетания оксидных и неоксидных материалов. В частности, изменение теплопередачи и разности температур керамического материала тела качения по отношению к стальным телам качения является неожиданным. Хотя снижение температуры является ожидаемым, значительное снижение температуры было неожиданным и выходило за рамки простой замены материала. Свойства теплопередачи, снижение массы и силы трения, снижение сдвиговых усилий и т.п. в совокупности привели к значительному снижению температуры. При этом одно только покрытие стального элемента подшипника керамическим материалом для получения преимущества по теплопередаче не приведет к значительному снижению температуры, которое наблюдается в случае применения полностью керамического элемента подшипника.

[0024] За счет предлагаемого керамического тела качения коэффициент теплового расширения (КТР) может быть снижен по сравнению со стальным телом качения. Кроме того, керамические тела качения могут обладать как меньшей массой, так и более низким коэффициентом трения по сравнению со стальными телами качения. Низкий КТР может способствовать сохранению внутреннего зазора подшипника в рабочих условиях. В подшипнике может наблюдаться снижение роста температуры и, следовательно, более низкая абсолютная температура. Вследствие этого срок службы подшипников увеличивается, а срок службы смазочного материала увеличивается в результате снижения рабочих температур. В одном варианте реализации изобретения керамические тела качения могут являться устойчивыми к тонким слоям смазочного материала за счет относительно более высокого качества обработки поверхности. В одном варианте реализации изобретения керамические тела качения могут являться относительно более устойчивыми к ложному бринеллированию, которое, как правило, происходит, например, во время перевозки и транспортной обработки. Пригодные керамические тела качения могут являться относительно устойчивыми к условиям с тонкими слоями смазочного материала,

а также устойчивыми к повреждениям, связанным с перевозкой, ударами или другими аномалиями при перевозке, транспортной обработке и эксплуатации.

[0025] Рабочие характеристики керамических тел качения могут быть улучшены по сравнению со стальными подшипниками с изоляцией, применение которых не приводит к снижению роста температуры в системе подшипника до той степени, до которой может снижаться рост температуры в гибридном керамическом подшипнике. В одном варианте реализации изобретения узел гибридного керамического подшипника может работать при той же нагрузке, скорости и размере узла подшипника, в котором не применяются керамические тела качения. Может происходить относительное улучшение рабочих характеристик относительно снижения количества отказов в узле гибридного керамического подшипника в результате различной теплопередачи и разности температур.

[0026] На фиг. 1С представлено изображение альтернативного варианта реализации изобретения, который содержит первый гибридный керамический подшипник 100С и второй гибридный керамический подшипник 101С, оба из которых предлагаются к применению совместно с электродвигателем 102С. В некоторых вариантах реализации изобретения электродвигатель может предоставлять крутящий момент на колеса транспортного средства, в том числе на колеса горнодобывающего транспортного средства. Для этого вал 106С может быть выполнен в составе электродвигателя. Элемент подшипника первого узла подшипника может представлять собой сферический элемент подшипника, в то время как элемент подшипника второго узла подшипника может представлять собой цилиндрический элемент подшипника. В альтернативном варианте реализации изобретения элементы подшипника могут обладать другими формами, подробно описываемыми в данном документе. В одном примере только первый узел гибридного керамического подшипника представляет собой узел гибридного керамического подшипника. Аналогично этому в других примерах только второй узел гибридного керамического подшипника представляет собой узел гибридного керамического подшипника.

[0027] На фиг. 2 представлена структурная схема системы 200 горнодобывающего транспортного средства, которая может содержать кузов 202 горнодобывающего самосвала, на котором размещается подвижная платформа 204 самосвала. На подвижной платформе самосвала могут размещаться материалы горной добычи для вывоза с рабочего

участка. К таким материалам горной добычи может относиться уголь, руда, грунт и тому подобное.

[0028] Система горнодобывающего транспортного средства может дополнительно содержать узел 206 тяги, который содержит колеса 208. Узел тяги может также содержать по меньшей мере одну ведущую ось 210, которая вращается с помощью узла 212 первичного двигателя. В другом варианте реализации изобретения узел тяги может содержать отдельные электродвигатели (фиг. 3), которые приводятся в действие с помощью узла первичного двигателя с возможностью вращения отдельных колес. Узел первичного двигателя может содержать двигатель 214, который может содержать выходной вал, соединенный с альтернатором 216 или генератором 218. В одном примере двигатель представляет собой дизельный двигатель.

[0029] Альтернатор или генератор выполняет функции либо альтернатора, либо генератора в зависимости от формы выходного электрического сигнала (переменный ток или постоянный ток). Кроме того, альтернатор или генератор может преобразовывать механическую энергию в электрическую энергию или преобразовывать электрическую энергию в механическую энергию в зависимости от направления вращения выходного вала. При этом альтернатор предоставляет движущее усилие на по меньшей мере одну ведущую ось с возможностью привода колес. В одном варианте реализации изобретения двигатель и альтернатор объединены с возможностью предоставления выходной мощности более 3500 лошадиных сил (л.с.) или 2600 киловатт (кВт) для привода колес системы горнодобывающего транспортного средства.

[0030] На фиг. 3 представлена блочная структурная схема альтернатора 300, соединенного по электрической цепи с электродвигателем 302, который может вращать колесо транспортного средства. В варианте реализации изобретения по фиг. 3, после того, как альтернатор преобразует механическую энергию двигателя в электрическую энергию, альтернатор приводит в действие электродвигатель с возможностью вращения отдельного колеса транспортного средства. Как показано, альтернатор может быть соединен со схемой 304 управления, которая может содержать выпрямитель 306, конденсатор 308 звена постоянного тока и инвертор 310, выполненные с возможностью предоставления входного сигнала на электродвигатель. В результате этого альтернатор может предоставлять как

электроэнергию для вращения, так и вспомогательную электроэнергию для всего транспортного средства.

[0031] На фиг. 4 представлен способ 400 снижения температуры узла гибридного керамического подшипника, работающего в сочетании с дизельным двигателем системы транспортного средства. В одном примере узел гибридного керамического подшипника представляет собой узел гибридного керамического подшипника альтернатора по фиг. 2, а система транспортного средства представляет собой систему транспортного средства по фиг. 1.

[0032] На этапе 402 узел гибридного керамического подшипника соединяют с одним или несколькими альтернаторами, или генераторами, которые выполнены внутри транспортного средства. В одном варианте реализации изобретения предлагается только один узел подшипника. В одном варианте реализации изобретения транспортное средство представляет собой систему транспортного средства. В других вариантах реализации изобретения транспортное средство может представлять собой транспортное средство, повышенной проходимости, грузовую тележку, тракторный прицеп, тракторный экскаватор, комбайн и тому подобное, в котором используется дизельный двигатель, в частности дизельный двигатель с выходной мощностью более 3500 лошадиных сил (л. с.) или 2600 киловатт (кВт). В одном примере альтернатор или генератор выполнены внутри транспортного средства, будучи соединенными с корпусом транспортного средства в положении с возможностью соединения с двигателем системы транспортного средства.

[0033] На этапе 404 в узле гибридного керамического подшипника содержится вал, который может быть выполнен в составе альтернатора. Гибридный керамический подшипник может содержать керамические тела качения, которые в типовых вариантах реализации изобретения представляют собой любые керамические тела качения, описываемые по отношению к фиг. 2. В одном таком примере керамические тела качения сформированы только из керамического материала и не содержат металла. В другом примере керамические тела качения представляют собой керамические тела качения, в которых часть тела качения является керамической, а другая часть тела качения является металлической. В частности, за счет предлагаемых керамических тел качения износ, возникающий в результате механического воздействия, может быть ограничен в результате применения металлического материала внутреннего и наружного колец, в то время как рост

температуры и разность температур снижаются в результате применения керамического материала в керамических телах качения. Вследствие этого узел гибридного керамического подшипника предоставляет как стойкость к износу, так и снижение температуры.

[0034] На этапе 406 рост температуры, создаваемый керамическими телами качения, и разность температур между внутренним и наружным кольцами снижаются по сравнению с узлом подшипника, содержащего металлические тела качения. В частности, одно или несколько керамических тел качения обладают меньшей теплопроводностью, чем внутреннее кольцо и наружное кольцо узла гибридного керамического подшипника. В результате узел гибридного керамического подшипника предоставляет меньшую разность температур между внутренним кольцом и наружным кольцом по сравнению с другим узлом подшипника, содержащим одно или несколько металлических тел качения. Вследствие этого повышается эффективность смазочного материала, а следовательно, срок службы альтернатора, и следовательно, срок службы двигателя могут быть увеличены.

[0035] Фиг. 5 представляет собой сравнительную диаграмму значений температур, получаемых в результате механического воздействия в одном и том же альтернаторе, проводящую сравнение для случаев применения стальных подшипников с применением керамических тел качения в узле гибридного керамического подшипника. На диаграмме представлен подъем температуры выше температуры окружающей среды 502 в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) в зависимости от времени 504 в минутах. Линия 506 показывает температуру, измеренную при использовании стальных подшипников, которая повышается и задерживается на уровне около 70°C , тогда как линия 508 показывает первый цикл запуска керамических тел качения, в котором температура повышается и задерживается на уровне около 60°C , прежде чем в конечном итоге перейти к 70°C . Кроме того, линия 510 представляет второй цикл запуска керамических тел качения, в котором температура повышается и задерживается на уровне около 50°C , затем около 55°C и, наконец, на уровне 60°C . В каждом случае разность температур для узла гибридного керамического подшипника в зависимости от времени значительно меньше, чем для узла подшипника, в котором применяются стальные подшипники.

[0036] На фиг. 6 представлено другое сравнение узла гибридного керамического подшипника с узлом подшипника, в котором применяются стальные подшипники, для различного количества оборотов в минуту (об/мин) в зависимости от времени. Диаграмма

может содержать ось 602 подъема температуры выше температуры окружающей среды в °C и скорости 604 в об/мин в зависимости от времени 606 в минутах. Левая часть 608 диаграммы представляет изменение температуры в зависимости от времени при 1400 об/мин, тогда как правая часть 610 диаграммы представляет альтернатор при 1900 об/мин. Линия 612 представляет температуру внутреннего кольца системы подшипника, в которой применяются стальные подшипники, а линия 614 представляет температуру внутреннего кольца узла гибридного керамического подшипника, в котором применяются керамические тела качения. Аналогичным образом линия 616 представляет температуру наружного кольца узла подшипника, в котором применяются стальные подшипники, а линия 618 представляет температуру наружного кольца узла гибридного керамического подшипника, в котором применяются керамические тела качения. В то же время линия 620 представляет разность температур, дельту, между внутренним кольцом и наружным кольцом для узла подшипника, в котором применяются стальные подшипники, а линия 622 представляет дельту между внутренним кольцом и наружным кольцом для узла гибридного керамического подшипника. В каждом случае для одного и того же альтернатора узел гибридного керамического подшипника в зависимости от времени предоставлял снижение температуры как на внутреннем, так и на наружном кольце одновременно со снижением разности температур между внутренним кольцом и наружным кольцом. Например, повышение разности температур между внутренним кольцом и наружным кольцом составляет менее чем 20 градусов Цельсия, когда система работает в диапазоне от 1400 до 1900 оборотов в минуту в течение периода менее чем 3 минуты. В результате такого значительного и существенного снижения температуры и дельта температуры происходит меньший износ внутреннего кольца и наружного кольца. Кроме того, температура смазочного материала, используемого в системе подшипника, снижается аналогичным образом. Вследствие этого снижается усталость системы подшипника в результате снижения длительного температурного воздействия, что увеличивает срок службы системы подшипника.

[0037] На фиг. 7 представлена диаграмма для узла гибридного керамического подшипника с зазором 0,030 дюйма. Диаграмма может содержать ось, показывающую рост температуры 702 выше температуры окружающей среды в градусах Цельсия, скорости 704 в об/мин и времени 706 в минутах. В левой части 708 диаграммы альтернатор работал при 1100 об/мин, в середине 710 диаграммы альтернатор работал при 1400 об/мин, а в правой части 712

диаграммы альтернатор работал при 1900 об/мин. На графике линия 714 представляет температуру внутреннего кольца узла подшипника, в котором применяются стальные подшипники, линия 716 представляет температуру внутреннего кольца узла гибридного керамического подшипника, линия 718 представляет температуру наружного кольца узла подшипника, в котором применяются стальные подшипники, а линия 720 представляет температуру наружного кольца узла гибридного керамического подшипника. Как также показано на предшествующих диаграммах, за счет применения узла гибридного керамического подшипника снижается как температура, так и дельта-температура, что повышает работоспособность узла подшипника и срок службы смазочного материала подшипника. Аналогично примеру на фиг. 7, повышение разности температур между внутренним кольцом и наружным кольцом составляет менее чем 20 градусов Цельсия, когда система работает в диапазоне от 1100 до 1900 оборотов в минуту в течение периода менее чем 3 минуты.

[0038] В одном или нескольких вариантах реализации изобретения предлагается система, которая содержит альтернатор, расположенный внутри транспортного средства. Система может преобразовывать вращательное движение вала двигателя в электрическую энергию. Кроме того, система может содержать узел гибридного керамического подшипника для альтернатора или генератора. Узел гибридного керамического подшипника может содержать одно или несколько керамических тел качения, расположенных между внутренним кольцом и наружным кольцом узла гибридного керамического подшипника.

[0039] Необязательно, указанное одно или несколько керамических тел качения могут быть сформированы из керамического материала и не содержать металла. В одном аспекте альтернатор и узел гибридного керамического подшипника могут быть расположены внутри транспортного средства. В другом аспекте узел гибридного керамического подшипника может представлять собой единственный узел подшипника.

[0040] Необязательно, указанное одно или несколько керамических тел качения могут обладать меньшей теплопроводностью, чем внутреннее кольцо и наружное кольцо узла гибридного керамического подшипника. В одном примере узел гибридного керамического подшипника может предоставлять меньшую разность температур между внутренним кольцом и наружным кольцом по сравнению с другим узлом подшипника, содержащим одно или несколько металлических тел качения. В другом примере система может

содержать альтернатор, а узел гибридного керамического подшипника может содержать указанное одно или несколько керамических тел качения, сформированных только из керамического материала.

[0041] В одном или нескольких вариантах реализации изобретения предлагается способ, который может включать предоставление узла гибридного керамического подшипника для одного или нескольких из альтернатора или генератора, которые выполнены внутри транспортного средства. Узел гибридного керамического подшипника может содержать одно или несколько керамических тел качения, расположенных между внутренним кольцом и наружным кольцом узла подшипника.

[0042] Необязательно, указанное одно или несколько керамических тел качения могут быть сформированы из керамического материала и не содержать металла. В одном примере транспортное средство может представлять собой горнодобывающее транспортное средство. В другом примере узел гибридного керамического подшипника может представлять собой единственный узел подшипника. В одном аспекте указанное одно или несколько керамических тел качения могут обладать меньшей теплопроводностью, чем внутреннее кольцо и наружное кольцо узла гибридного керамического подшипника. В другом аспекте узел гибридного керамического подшипника может предоставлять меньшую разность температур между внутренним кольцом и наружным кольцом по сравнению с другим узлом подшипника, содержащим одно или несколько металлических тел качения. В другом варианте реализации изобретения узел гибридного керамического подшипника может быть соединен с альтернатором. Узел гибридного керамического подшипника может содержать указанное одно или несколько керамических тел качения, сформированных только из керамического материала, а транспортное средство представляет собой горнодобывающее транспортное средство.

[0043] В одном или нескольких вариантах реализации изобретения предлагается горнодобывающее транспортное средство, которое может содержать одно или несколько из альтернатора или генератора, выполненных с возможностью преобразования механической энергии в электрическую энергию. Горнодобывающее транспортное средство может также содержать двигатель, который может вращать вал двигателя, и узел гибридного керамического подшипника в альтернаторе или генераторе. Узел гибридного керамического подшипника может содержать одно или несколько керамических тел

качения, расположенных между внутренним кольцом и наружным кольцом узла подшипника.

[0044] Необязательно, указанное одно или несколько керамических тел качения могут быть сформированы из керамического материала и не содержать металла. В одном аспекте узел гибридного керамического подшипника может представлять собой единственный узел подшипника. В другом аспекте указанное одно или несколько керамических тел качения могут обладать меньшей теплопроводностью, чем внутреннее кольцо и наружное кольцо узла гибридного керамического подшипника. В одном примере узел гибридного керамического подшипника может приводить к снижению разности температур между внутренним кольцом и наружным кольцом по сравнению с другим узлом подшипника, содержащим одно или несколько металлических тел качения. В другом аспекте горнодобывающее транспортное средство может содержать один или несколько тяговых электродвигателей, которые приводятся в действие электрической энергией от альтернатора и которые приводят в движение горнодобывающее транспортное средство.

[0045] Использование форм единственного числа включает использование форм множественного числа, если из контекста явно не следует иное. Термины «необязательный» или «необязательно» означают, что описываемое далее явление или условие может возникнуть или не возникнуть, и что описание может включать случаи, когда указанное явление возникает, и случаи, когда оно не возникает. Округляющие формулировки, используемые в данном документе, в том числе описании и формуле изобретения, могут применяться для корректировки любого количественного представления, которое может изменяться в допустимых пределах, не вызывая изменений основной функции, с которой оно может быть связано. Вследствие этого числовое значение, откорректированное термином или терминами, такими как «около», «по сути» и «приблизительно», может не ограничиваться заданным точным числовым значением. В по меньшей мере некоторых случаях округляющие формулировки могут соответствовать точности прибора для измерения числового значения. В данном документе во всем описании и формуле изобретения ограничители диапазонов могут быть объединены и/или взаимно заменены, такие диапазоны могут быть определены и включать все содержащиеся в них поддиапазоны, если контекст или формулировка не указывают иное.

[0046] В данном письменном описании используются примеры для раскрытия вариантов реализации изобретения, в том числе лучших вариантов реализации изобретения, и для предоставления возможности обычному специалисту в данной области техники применить варианты реализации изобретения на практике, включая создание и применение любых устройств или систем, и выполнение любых включенных способов. Формула изобретения определяет патентоспособный объем изобретения и содержит другие примеры, о которых имеют представление обычные специалисты в данной области техники. Предполагается, что такие другие примеры входят в объем формулы изобретения, если они содержат структурные элементы, которые не отличаются от буквальных формулировок формулы изобретения, или если они содержат эквивалентные структурные элементы с незначительными отличиями от буквальных формулировок формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система транспортного средства, содержащая:

узел керамического подшипника, содержащий одно или несколько керамических тел качения, расположенных между металлическим внутренним кольцом и наружным кольцом узла керамического подшипника.
2. Система транспортного средства по п. 1, в которой одно или несколько керамических тел качения сформированы из керамического материала, при этом указанная керамика не содержит металла.
3. Система транспортного средства по п. 1, в которой узел керамического подшипника представляет собой гибридный керамический подшипник в узле с единственным подшипником.
4. Система транспортного средства по п. 3, в которой указанное одно или несколько керамических тел качения обладают меньшей теплопроводностью, чем любое из внутреннего кольца или наружного кольца гибридного керамического подшипника.
5. Система транспортного средства по п. 3, в которой узел гибридного керамического подшипника во время работы предоставляет сниженный коэффициент теплового расширения между внутренним кольцом и наружным кольцом по сравнению с другим узлом подшипника, содержащим одно или несколько металлических тел качения.
6. Система транспортного средства по п. 1, в которой указанное одно или несколько керамических тел качения представляют собой по меньшей мере одно из сферических, цилиндрических, усеченных или конусных тел.
7. Система транспортного средства по п. 1, в которой указанное одно или несколько керамических тел качения представляют собой по меньшей мере одно из полых тел или выполненных с пустотами.
8. Система транспортного средства, содержащая:

генератор или альтернатор; и

систему транспортного средства по любому из пп. 1-7, при этом

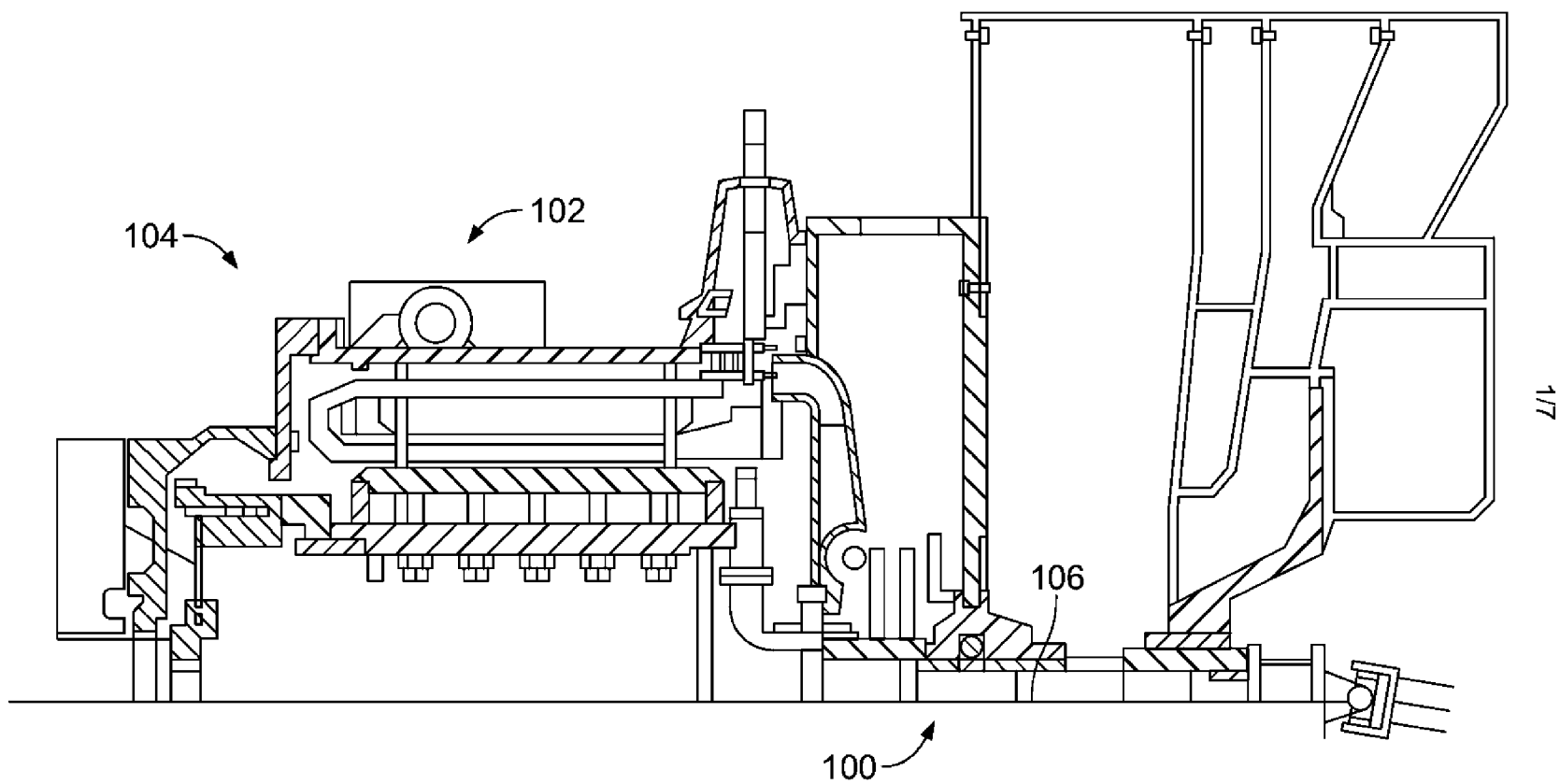
узел керамического подшипника соединен с генератором или альтернатором.

9. Система транспортного средства по п. 8, в которой узел керамического подшипника соединен с генератором или альтернатором с помощью вала, при этом указанная система выполнена с возможностью ее размещения внутри горнодобывающего транспортного средства.

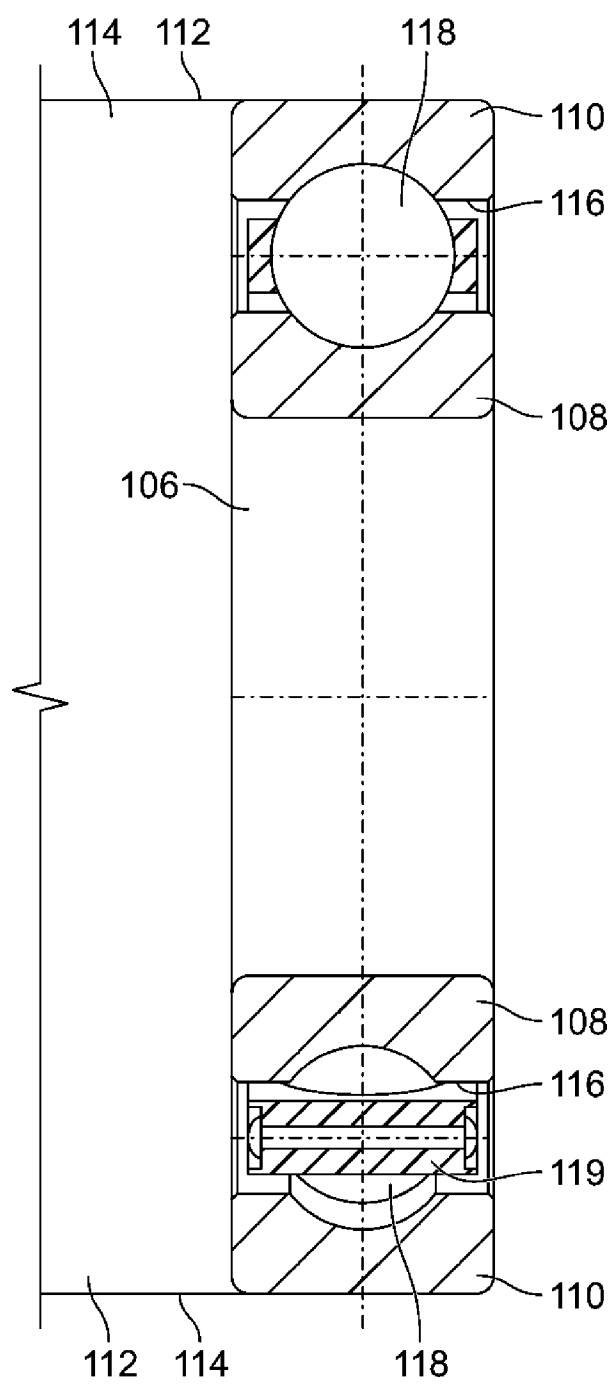
10. Транспортное средство, содержащее:

одно или несколько из альтернатора или генератора, выполненных с возможностью преобразования механической энергии в электрическую энергию; и

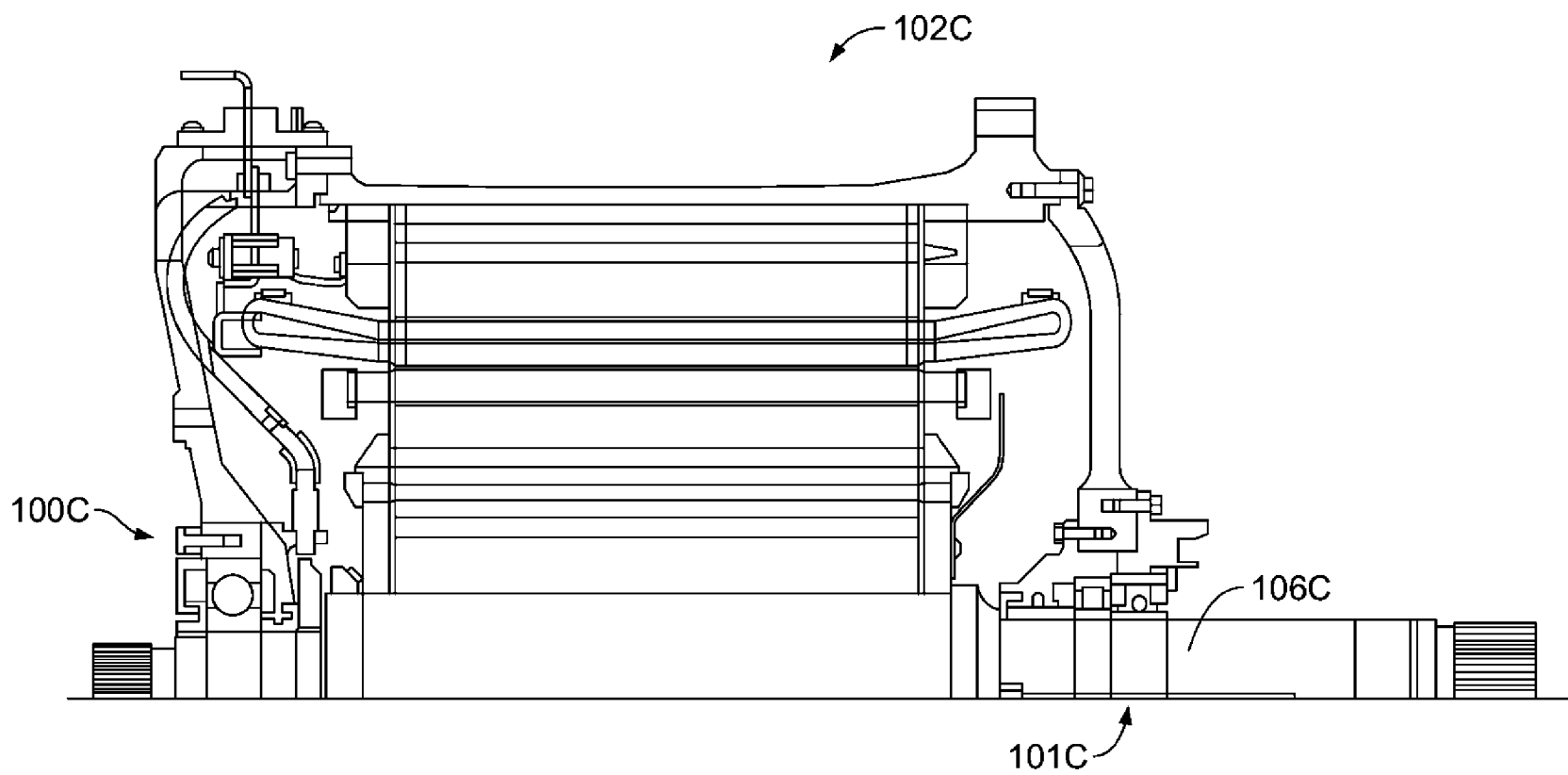
систему транспортного средства по любому из пп. 1-7, при этом узел керамического подшипника расположен в альтернаторе или генераторе.



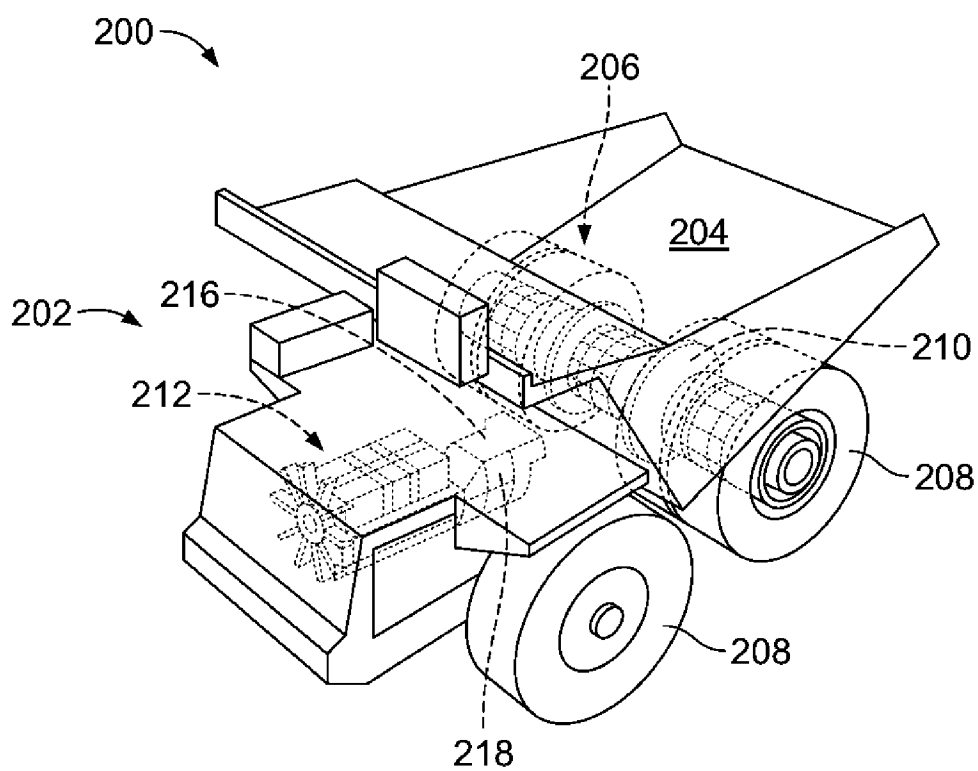
Фиг. 1А



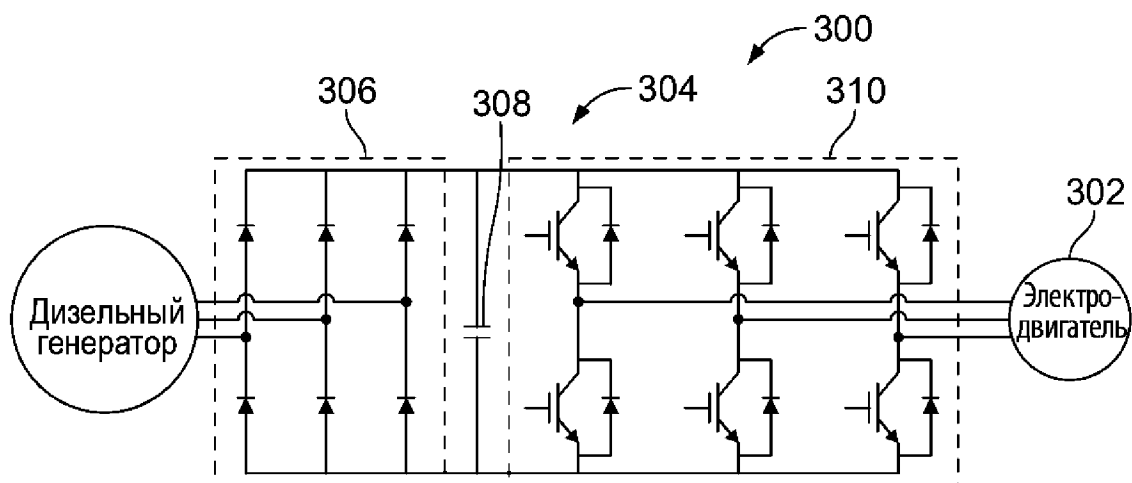
Фиг. 1В



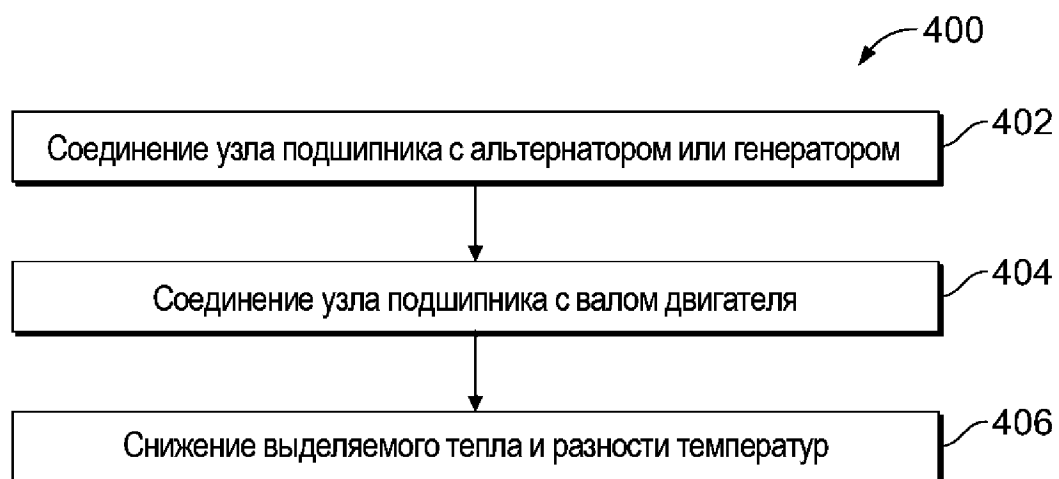
Фиг. 1С



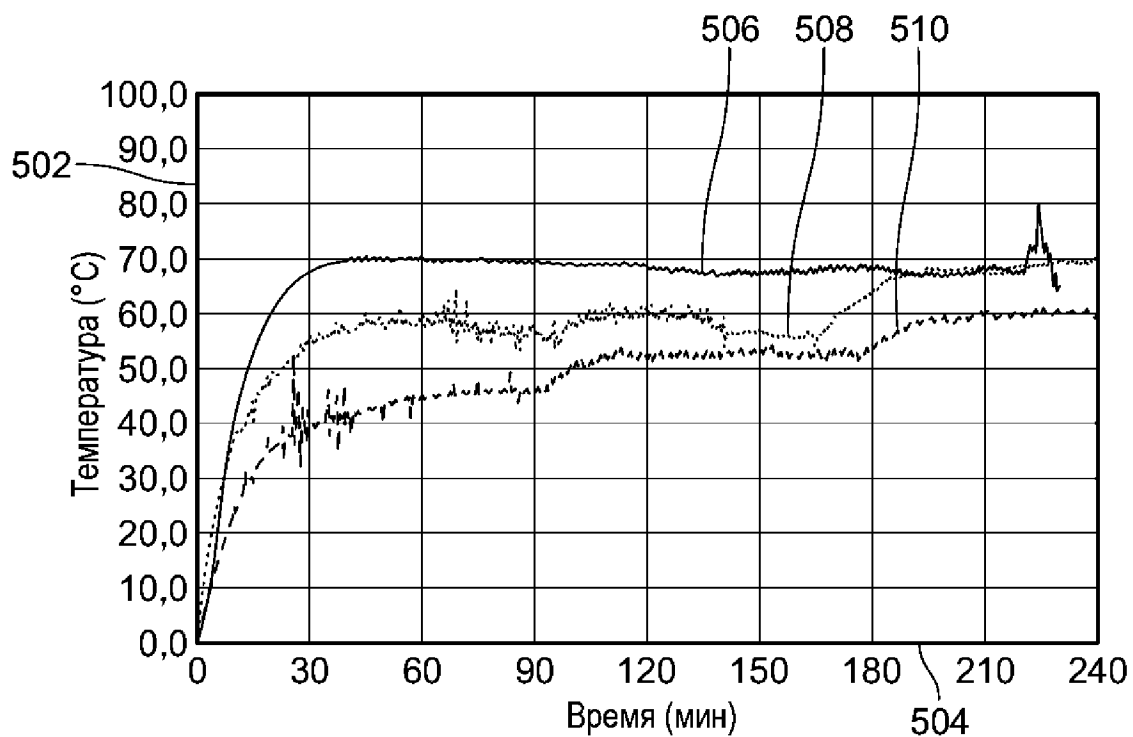
Фиг. 2



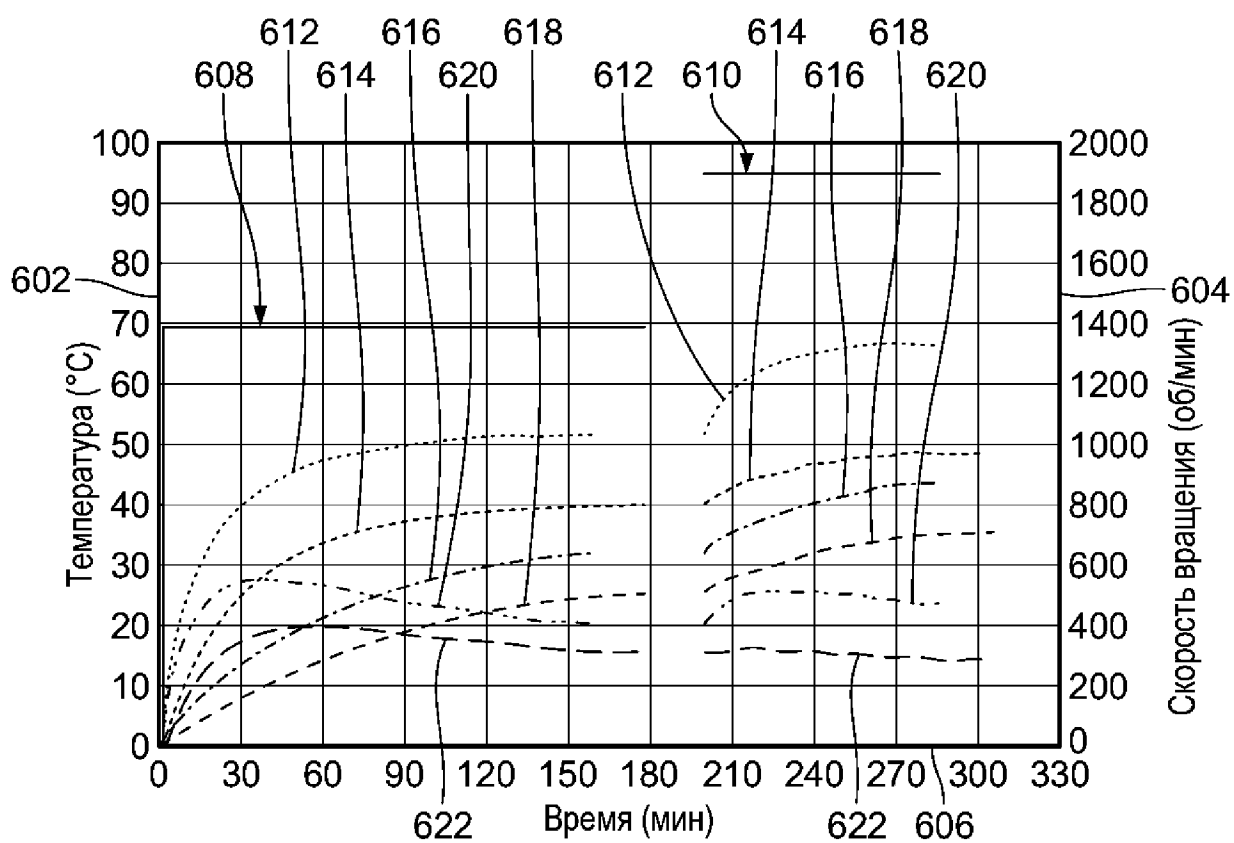
Фиг. 3



Фиг. 4

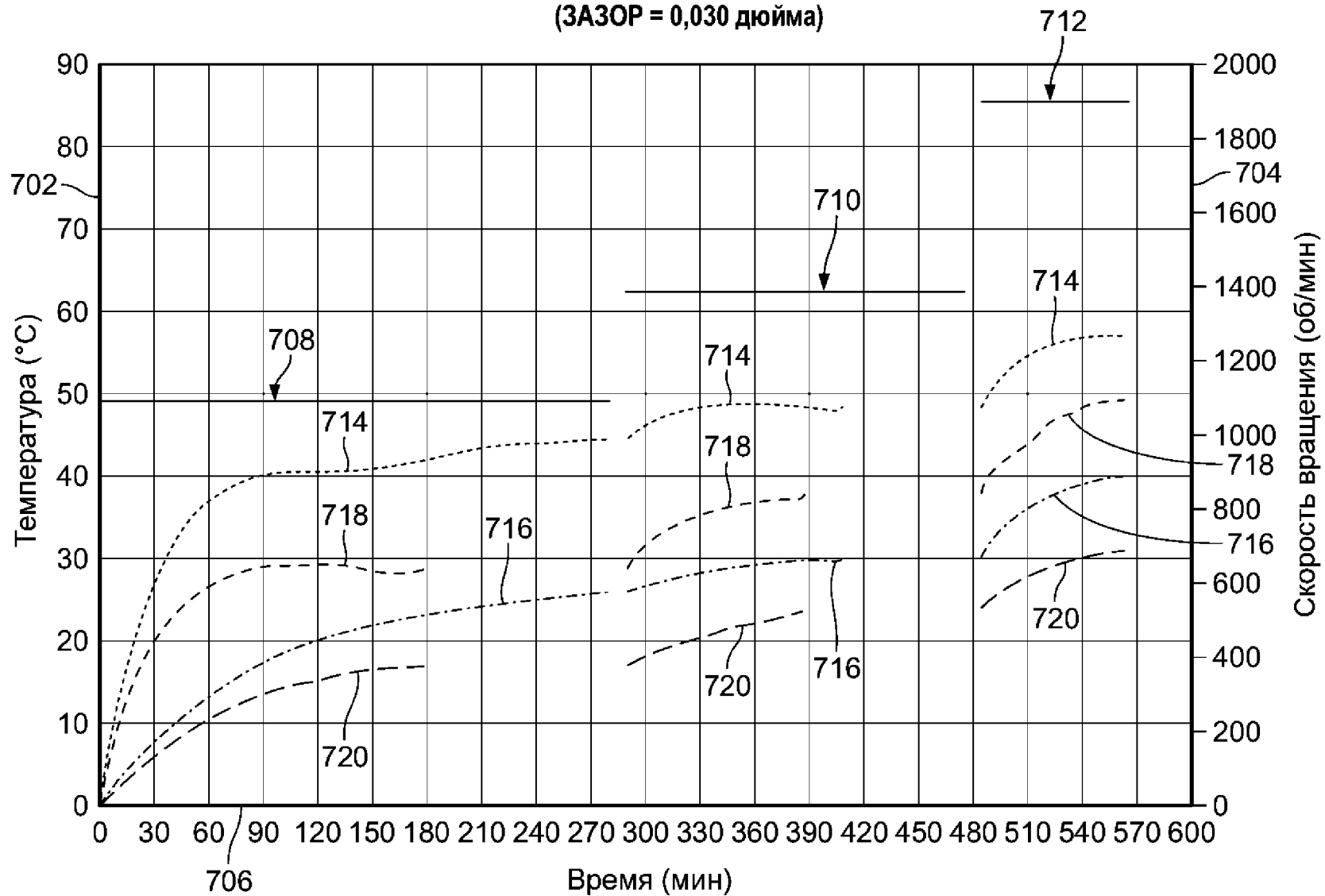


Фиг. 5



Фиг. 6

**ТЕМПЕРАТУРА ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО КОЛЕЦ ПОДШИПНИКА
(ЗАЗОР = 0,030 дюйма)**



Фиг. 7

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202291433

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

F16C 33/30 (2006.01)

F16C 37/00 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

F16C 33/44, 37/00

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
Espacenet, ЕАПАТИС, EPOQUE Net, Reaxys, Google

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
Y	US 2019/0248225 A1 (NTN CORPORATION) 15.08.2019, [0047]-[0052], [0070]-[0072], фиг. 1, 7	1-10
Y	US 2021/0079953 A1 (АКТИЕВОЛАГЕТ SKF) 18.03.2021, [0051], [0061], [0081]	1-10
Y	О.Н. ЧЕРМЕНСКИЙ и др. Подшипники качения: Справочник-каталог [онлайн] Москва, Издательство "Машиностроение-1", 2003 [найденно 2022-10-03] Найденно в <Библиотека машиностроения, https://lib-bkm.ru/load/55-1-0-230 > Глава 4, с. 322 таблица 4.2, 4.3, ISBN 5-217-03180-8	2, 4, 6

☐ последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«Е» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«О» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«Х» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«У» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

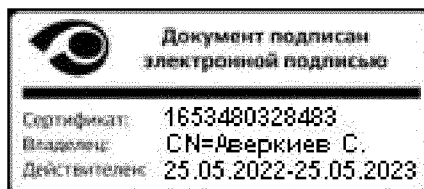
«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: 14 ноября 2022 (14.11.2022)

Уполномоченное лицо:

Начальник Управления экспертизы



С.Е. Аверкиев