

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038291**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.08.05

(21) Номер заявки
202090493

(22) Дата подачи заявки
2018.09.14

(51) Int. Cl. **B60C 23/06** (2006.01)
B60T 8/172 (2006.01)
B60W 40/06 (2012.01)

(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ ТВЕРДОСТИ ГРУНТА

(31) **1758531**

(32) **2017.09.14**

(33) **FR**

(43) **2020.08.31**

(86) **PCT/FR2018/052257**

(87) **WO 2019/053384 2019.03.21**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**КОМПАНИ ЖЕНЕРАЛЬ ДЭЗ
ЭТАБЛИССМАН МИШЛЕН (FR)**

(72) Изобретатель:
**Бегу Пьер-Ален, Патюрль Антуан,
Вашеран Жан-Мишель, Бухадида
Уссама (FR)**

(74) Представитель:
**Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В.
(RU)**

(56) **US-A1-2003154007
EP-A1-0887211**

(57) Предметом изобретения является способ оценки твердости грунта, по которому передвигается транспортное средство, оснащенное по меньшей мере одним установленным узлом с радиальной жесткостью $k_{\text{радиальн}}$, содержащим покрывку, имеющую корону, две боковины и два борта и оснащенную датчиком, чувствительным к окружной кривизне, который помещен вровень с короной, способ включает следующие этапы: оценивают значение кривизны ρ_A покрывки, соответствующее первым стационарным условиям покрывки в контакте с грунтом; оценивают относительную твердость грунта по отношению к радиальной жесткости $k_{\text{радиальн}}$ установленного узла как функцию значения кривизны ρ_A покрывки.

B1**038291****038291****B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу оценки твердости грунта, по которому передвигается установленный узел, содержащий покрывку, оснащенную устройством измерения деформации этой покрывки.

Уровень техники

В некоторых сценариях использования крайне важно определять твердость грунта, на которую опирается покрывка, с тем, чтобы можно было адаптировать условия использования установленного узла к характеристикам грунта во избежание повреждения грунта и/или самого установленного узла, и в частности, покрывки. Кроме того, определение качественных характеристик грунта, а конкретнее его твердости, становится важным для тех, кто прямо или опосредованно использует эту информацию, например для работников сельского хозяйства. При работе на дорогах с асфальтовым или бетонным покрытием, структура которых покоится на твердых основаниях, что позволяет добиться определенной прочности, нормативные условия использования установленного узла позволяют свести к минимуму взаимодействие между грунтом и установленным узлом. Поэтому твердость грунта, которая соответствует прочности грунта на определенной глубине относительно наружной поверхности, представляет лишь незначительный интерес в отдельных особых случаях. И, наоборот, в случае так называемых "рыхлых" грунтов взаимодействия между грунтом и установленным узлом являются более интенсивными, как, например, на каменистых дорогах, песчаных грунтах и сельскохозяйственных полях. В этом случае важно определять твердость грунтов для регулирования условий использования установленного узла, а именно давления накачки шины, величины перевозимого груза или скорости передвижения, с тем чтобы, с одной стороны, повысить эффективность установленного узла в отношении его мобильности, а с другой стороны, предотвратить изменение и, тем более, ухудшение характеристик грунта. В основном это тип применения, к которому относится настоящее изобретение.

Почва или грунт представляет собой совокупность трех фаз: газообразной, жидкой и твердой фаз, относительные доли которых и определяют характеристики грунта. Если почва чувствительна к влагосодержанию, то она может находиться в состояниях трех типов, определяемых как твердое, пластичное и жидкое, в зависимости от ее влагосодержания. Переход из одного состояния в другое определяет легкость, с которой можно обрабатывать почву, или легкость перемещения по почве этого грунта.

Существуют различные тесты, позволяющие определять чувствительность к влагосодержанию почвы, например с применением пределов Аттерберга, с помощью которых можно задавать в зависимости от влагосодержания зоны перехода между тремя состояниями почвы согласно стандарту NFP94057. Имеются и другие нормативные испытания на реальной почве, позволяющие выявлять водное состояние определенной почвы, например, посредством оценки оптимального индекса Проктора согласно стандарту NFP94093 или оценки индекса непосредственной несущей способности согласно стандарту NFP94078. Однако результаты этих статических испытаний с трудом поддаются интерпретации. Они зависят как от природы почвы, так и от ее влагосодержания. Второй параметр сильно меняется со сменой времен года и более коротких временных периодов. Поэтому возникла потребность в измерении мгновенного значения твердости грунта (почвы). Такая информация о мгновенном значении твердости грунта позволяет адаптировать к его характеристикам такие, например, условия использования транспортного средства, как скорость его передвижения или давление накачки шины.

Кроме того, взаимодействия между грунтом и покрывкой существуют и могут непосредственно наблюдаться на основе определения физических характеристик покрывки, например величины площади ее пятна контакта. В последние годы были разработаны различные средства измерения для оценки таких физических характеристик, размещаемые внутри покрывки. Так, например, в документе EP 3031632 A2 раскрыто использование датчика перемещения, применяемого для косвенного определения круговых азимутов шины, соответствующих входу и выходу пятна контакта. В результате, оценку величины площади пятна контакта проводят на основании локализованных измерений. Таким образом, демонстрируется возможность применения покрывки в качестве детектора физических параметров, характеризующих взаимодействие между установленным узлом и грунтом. Тем не менее, не было установлено никакой связи между твердостью грунта и величинами деформации покрывки.

Задача настоящего изобретения заключается в раскрытии способа мгновенного измерения твердости грунта посредством проведения измерений на покрывке установленного узла транспортного средства в условиях использования, предназначенного для водителя транспортного средства, без снижения при этом эффективности его работы.

Технические определения.

Ниже по тексту приняты следующие толкования терминов:

"осевое направление" - направление вдоль длины транспортного средства от его передней части к задней части,

"вертикальное направление" - направление вдоль нормали к грунту,

"поперечное направление" - направление, образующее прямой трехгранник с вертикальным и осевым направлениями,

"установленный узел" - устройство, содержащее по меньшей мере одну покрывку и одно колесо,

состоящее из диска и обода, в установленном и накачанном состоянии.

Раскрытие сущности изобретения

Настоящее изобретение относится к способу оценки твердости грунта, по которому передвигается транспортное средство, оснащенное по меньшей мере одним установленным узлом с радиальной жесткостью $k_{\text{радиальн}}$. Этот установленный узел содержит покрывку, имеющую корону, две боковины и два борта. Покрывка оснащена датчиком, чувствительным к окружной кривизне и размещенным вровень с короной. Способ оценки твердости грунта включает следующие этапы:

оценивают значение кривизны ρ_A покрывки, соответствующее первым стационарным условиям покрывки в контакте с грунтом;

оценивают относительную твердость грунта по отношению к радиальной жесткости $k_{\text{радиальн}}$ установленного узла как функцию значения кривизны ρ_A покрывки в первых стационарных условиях.

Под термином "чувствительный к окружной кривизне датчик" здесь понимается, что такой датчик выдает физический параметр, прямо или косвенно связанный с кривизной покрывки, расположенной вровень с датчиком в окружном направлении этой покрывки. Датчик оснащен всеми компонентами, необходимыми для генерирования сигнала, используемого какой-либо внешней системой в аналоговом или цифровом виде, с пространственной или временной дискретизацией, достаточной для генерирования выходного сигнала, сходного с сигналом типа прямоугольной волны. Это сигнал, значение абсциссы которого представляет собой прямой или косвенный дескриптор оборота колеса, а значение ординаты - прямой или косвенный дескриптор окружной кривизны, наблюдаемой датчиком. В качестве такого датчика может выступать датчик изгиба резистивного типа, чувствительный к изгибу пьезоэлектрический датчик, акселерометр, постоянная составляющая которого пропорциональна радиальному ускорению покрывки, или любой датчик, работа которого основана на механическом, магнитном или оптическом измерении и который выдает непрерывное слагающее, пропорциональное окружной кривизне покрывки.

Под выражением "оснащенный" понимается, что по меньшей мере часть датчика соединена с покрывкой, а под термином "датчик" - измерительное устройство, одновременно содержащее собственно активный датчик и дополнительные компоненты для генерирования сигнала, пригодного для применения.

Под термином "оптический датчик" понимается любой известный из предшествующего уровня техники прибор для определения вздутия поверхности покрывки при прохождении площади пятна контакта посредством оптического измерения. В частности, в отношении оптических датчиков в документе ЕР 1820670 А1 описано техническое решение, согласно которому используют, с одной стороны, калиброванный рисунок, подвергаемый деформации поверхности покрывки, например, части пятна контакта. С другой стороны, измерительный прибор включает в себя осветительные средства, соединенные с визуальными средствами, установленными на ободе колеса установленного узла в определенном азимутальном положении. В данном случае указанные осветительные и обзорные средства могут представлять собой, например, средства стереоскопического типа. Благодаря этому прибору удается получать отображение вздутия поверхности покрывки при прохождении пятна контакта калиброванным рисунком. Калибровка рисунка позволяет вывести на его основе окружную кривизну поверхности покрывки в зоне расположения калиброванного рисунка, находящегося, например, в пятне контакта.

Под термином "радиальная жесткость установленного узла" понимается динамическая жесткость установленного узла, которая создается при радиальном перемещении, осуществляемом в зоне наружной поверхности короны в области упругих деформаций перемещений, испытываемых покрывкой в номинальных условиях использования. Эти условия задают, в частности, приложенную нагрузку и давление накачки. Указанная динамическая жесткость представляет собой отношение между вертикальной силой, наблюдаемой в центре колеса установленного узла, и создаваемым вертикальным перемещением короны покрывки в зоне пятна контакта в частотном диапазоне от 5 до 50 Гц, в котором установленный узел действует как однонаправленная пружина, что соответствует дистанционному измерению собственных колебаний установленного узла.

Благодаря датчику данного используемого типа удастся наблюдать кривизну покрывки, которая будет формироваться в момент, когда датчик располагается целиком в зоне пятна контакта. Этот датчик не рассчитан на обнаружение колебаний кривизны в зонах, где покрывка переходит из состояния типа контакта с грунтом в состояние типа вне контакта с грунтом. Он стремится лишь определять результирующую кривизну покрывки, когда зона покрывки, расположенная вровень с датчиком, находится в пятне контакта.

Сигналы датчика подобны сигналу типа прямоугольной волны, из которого может быть извлечено с использованием специальных математических методов значение, характеризующее плато прямоугольной волны. Это характеризующее плато значение отображает среднюю кривизну покрывки в пятне контакта. Изолированные фронты прямоугольной волны соответствуют измерению датчиком кривизны покрывки в зоне перехода между двумя наборами стационарных условий в отношении граничных условий, применяемых к зоне установленного узла, находящегося вровень с датчиком.

Имеется возможность оценивать твердость грунта по отношению к радиальной жесткости установленного узла с использованием значения кривизны ρ_A покрышки. Эта становится возможным по той причине, что указанная величина кривизны зависит одновременно и от радиальной жесткости покрышки, в частности давления накачки и приложенной нагрузки, и жесткости грунта (почвы). Эта относительная твердость грунта имеет решающее значение для оценки воздействия установленного узла на грунт, по которому передвигается установленный узел. Благодаря определению этой величины удастся при необходимости оптимизировать условия работы установленного узла, что позволяет, в свою очередь, улучшить мобильность этого узла и минимизировать воздействие установленного узла на грунт.

В соответствии с одним из предпочтительных вариантов осуществления способ оценки твердости грунта включает также следующие этапы:

оценивают значение кривизны ρ_B покрышки, соответствующее вторым стационарным условиям покрышки вне контакта с грунтом;

оценивают относительную твердость грунта по отношению к радиальной жесткости $k_{\text{радиальн.}}$ установленного узла как функцию значения кривизны ρ_A в первых стационарных условиях и значения кривизны ρ_B покрышки во вторых стационарных условиях.

В зависимости от того, проводится ли измерение тогда, когда датчик, чувствительный к кривизне, находится в зоне контакта с грунтом, или же тогда, когда он находится вне этой зоны контакта, получают два разных значения, которые называют "кривизной ρ_A покрышки в контакте с грунтом" или "кривизной ρ_B покрышки вне контакта с грунтом". Эти значения кривизны в стационарных условиях соответствуют зонам плато прямоугольной волны, генерируемого датчиком, чувствительным к окружной кривизне.

Очевидно, что значения кривизны зависят от условий работы покрышки. В частности, эти значения зависят от давления накачки, перевозимого груза и скорости вращения покрышки. Кроме того, значение кривизны в стационарных условиях типа контакта с грунтом чувствительно также к жесткости грунта. Таким образом, разность между двумя значениями кривизны позволяет отслеживать нужную информацию в отношении твердости грунта.

В соответствии с одним из предпочтительных вариантов осуществления способ оценки твердости грунта включает следующие этапы:

устанавливают относительную кривизну C как отношение ρ_A/ρ_B ;

оценивают относительную твердость грунта по отношению к радиальной жесткости $k_{\text{радиальн.}}$ установленного узла как функцию относительной кривизны C .

В частности, связь между относительной твердостью грунта и радиальной жесткостью $k_{\text{радиальн.}}$ установленного узла может быть определена по следующей формуле:

$$\frac{k_{\text{грунт}}}{k_{\text{радиальн.}}} = \frac{|1 + \alpha * C - (1 + \alpha) * C^2|}{\beta * C},$$

где β - полиномиальная функция давления P накачки установленного узла следующего типа: $\beta = \beta_1 \cdot (P)^{\beta_2}$. Коэффициенты α , β_1 и β_2 представляют собой коэффициенты, зависящие от установленного узла.

Относительную кривизну грунта оценивают как отношение отображений значений кривизны между двумя прямоугольными волнами, используя в знаменателе то из них, которое соответствует стационарным условиям типа вне контакта с грунтом, согласно следующей формуле:

$$C = \frac{\rho_A}{\rho_B}$$

Эта относительная кривизна составляет от 0 до 1. Нулевое значение C соответствует значению нулевой кривизны в зоне пятна контакта, что равносильно ровному грунту, что эквивалентно высокой твердости грунта. А единичное значение C соответствует одинаковой кривизне в пределах и за пределами пятна контакта. Это выражается в отсутствии пятна контакта в смысле уплощения покрышки. Таким образом, покрышка имеет одну и ту же кривизну при любом угле оборота колеса, что соответствует максимальному значению кривизны в зонах стационарных условий, соответствующему контакту покрышки с грунтом. Промежуточные значения соответствуют промежуточным значениям кривизны покрышки в зонах стационарных условий типа контакта с грунтом.

Следует отметить, что условия использования установленного узла, как, например, перевозимый груз, давление накачки или скорость вращения, лишь в незначительной степени влияют на относительную кривизну C покрышки, которая определяется в основном твердостью грунта.

Под выражением "зависящие от установленного узла" понимается, что сама природа компонентов установленного узла, таких как, по меньшей мере, покрышка или колесо, сильно влияет на их размеры и характеристики их материалов. И наоборот, условия использования установленного узла типа давления накачки, приложенной нагрузки или скорости вращения являются слабозависимыми параметрами.

При этом относительная твердость грунта по отношению к радиальной жесткости установленного узла непосредственно определяется нижеприведенной формулой, где α , β_1 и β_2 - коэффициенты, зависящие от установленного узла, а P - давление накачки установленного узла.

$$\frac{k_{\text{грунт}}}{k_{\text{радиальн.}}} = \frac{|1 + \alpha * C - (1 + \alpha) * C^2|}{\beta_1 * P^{\beta_2} * C}$$

Кроме того, знание радиальной жесткости установленного узла позволяет определять абсолютное значение твердости грунта. Эта вторая величина является важной агрономической информацией для квалификации почвы грунта и оптимизации ее использования.

Когда грунт походит на асфальтированную дорогу с высокой твердостью, значение C относительной кривизны стремится к 0. Вследствие этого твердость грунта приобретает важное значение по сравнению с радиальной жесткостью установленного узла. Аналогично, когда грунт имеет низкую твердость, значение относительной кривизны стремится к 1. Относительная твердость грунта по отношению к радиальной жесткости установленного узла стремится к 0.

Кроме этого, если относительную твердость одного и того же грунта измеряют двумя разными установленными узлами, то это выражается в двух величинах относительной кривизны, каждая из которых связана с одним из этих установленных узлов. Если в качестве изменения установленного узла применяют просто изменение давления накачки одного и того же установленного узла, то отношение величин динамической жесткости у установленных узлов с номерами 1 и 2 будет определяться нижеследующим уравнением, с одной стороны, через модель, а с другой, - через стандартное изменение жесткости установленного узла с применением давления накачки

$$\frac{k_{\text{радиальн}}^1}{k_{\text{радиальн}}^2} = \left(\frac{[(1 + \alpha * C_2 - (1 + \alpha) * C_2^2) * (\beta_1 * P_1^{\beta_2} * C_1)]}{[(1 + \alpha * C_1 - (1 + \alpha) * C_1^2) * (\beta_1 * P_2^{\beta_2} * C_2)]} \right) = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\gamma}$$

Таким образом, определение характеристик жесткости установленного узла с применением давления накачки при работе на ровном грунте в сочетании с измерениями на разных рыхлых грунтах позволяет производить оценку коэффициента β_2 модели.

Кроме того, если относительную твердость двух разных грунтов с номерами 1 и 2 измеряют одним и тем же установленным узлом, что подразумевает наличие одинакового давления накачки, то это будет выражаться в двух величинах относительной кривизны, каждая из которых связана с одним из давлений. Отношение значений твердости грунтов с номерами 1 и 2 определяется следующим уравнением:

$$\frac{k_{\text{радиальн}}^1}{k_{\text{радиальн}}^2} = \left(\frac{[(1 + \alpha * C_1 - (1 + \alpha) * C_1^2) * (\beta_1 * P^{\beta_2} * C_2)]}{[(1 + \alpha * C_2 - (1 + \alpha) * C_2^2) * (\beta_1 * P^{\beta_2} * C_1)]} \right) = \left(\frac{(1 + \alpha * C_1 - (1 + \alpha) * C_1^2) * C_2}{(1 + \alpha * C_2 - (1 + \alpha) * C_2^2) * C_1} \right)$$

Таким образом, простая калибровка установленного узла с одинаковым давлением накачки на грунтах с известной твердостью позволяет идентифицировать параметр α модели.

В соответствии с одним из предпочтительных вариантов осуществления, если покрывка определяет пятно контакта при применении номинальных условий использования установленного узла, причем эта пятно контакта имеет размер L_{adc} в осевом направлении установленного узла, то датчик измеряет среднюю окружную кривизну по длине, составляющей от 10 до 80% размера L_{adc} .

Под выражением "номинальные условия использования покрывки" здесь понимаются нормативные условия работы покрывки согласно стандарту ETRTO для определения геометрической оболочки покрывки. Номинальные условия распространяются на перевозимый груз, давление накачки, а также на размеры и характеристики колеса, на котором установлена покрывка. Для заданной конкретной покрывки эти условия задают пятно контакта на жестком ровном грунте и в том числе максимальную длину L_{adc} пятна контакта.

Если используется датчик, по меньшей мере, линейного типа, а не точечного, то выполняемое им измерение будет соответствовать средней кривизне покрывки по длине датчика. Датчик такого типа гораздо менее чувствителен к неоднородностям жесткости, обусловленным грунтом, покрывкой или установленным узлом. Поэтому он выдает статистически более надежную информацию о твердости грунта в гомогенизированной и непосредственной форме. Кроме того, такой датчик генерирует больший динамический диапазон при измерении кривизны между стационарными условиями, соответствующими свободному вращению или вращению в контакте с грунтом. Такой динамический диапазон измерения позволяет оценивать твердость грунта с большей точностью. Как правило, чем больше размеры датчика, тем лучше динамический диапазон измерения и выше точность гомогенизированного значения твердости грунта. Безусловно, для получения испускаемого датчиком сигнала, который можно было бы использовать в рамках предлагаемого способа, необходимо, чтобы длина датчика была меньше длины пятна контакта в условиях измерения характеристик грунта.

В соответствии с одним из предпочтительных вариантов осуществления, если покрывка определяет пятно контакта, причем пятно контакта имеет размер L_{adc} в поперечном направлении установленного узла, датчик измеряет среднюю окружную кривизну по ширине, составляющей от 10 до 80% размера L_{adc} .

Если используется датчик, по меньшей мере, поверхностного типа, а не линейного, будь то одиночный датчик или же комбинация датчиков, расположенных поперечно, выполняемое им измерение соответствует средней кривизне покрывки по длине и ширине этого датчика. Датчик такого типа гораздо менее чувствителен к неоднородностям жесткости, обусловленным грунтом, покрывкой или установленным узлом. Поэтому он выдает статистически более достоверную информацию о твердости грунта в гомогенизированной и непосредственной форме. Безусловно, для получения испускаемого датчиком сигнала, который можно было бы использовать в рамках способа, необходимо, чтобы ширина датчика

была меньше ширины пятна контакта в условиях измерения характеристик грунта.

Предпочтительно, чтобы датчик измерял среднюю кривизну зоны короны покрышки в контакте с грунтом, которая является гомогенной в отношении радиальной жесткости.

Для обеспечения качества информации об измерении целесообразно, чтобы датчик был помещен вровень с гомогенной зоной короны покрышки. Однако корона покрышки является сложной зоной, если учесть, что она должна выполнять разные функции. Так, в частности, для улучшения контакта между резиной и грунтом корона должна включать в себя протектор, который служит элементом, вступающим в непосредственный контакт с грунтом. Протектор зачастую образован продольными и/или поперечными углублениями и рельефными рисунками, которые локально изменяют радиальную жесткость покрышки. Соответственно необходимо размещать датчик вровень с зоной, гомогенной в отношении жесткости, а конкретнее, радиальной жесткости.

Предпочтительно, чтобы датчик измерял среднюю кривизну зоны короны вровень с элементом рисунка протектора покрышки.

Аналогично, для обеспечения качества информации об измерении предпочтительно, чтобы датчик был помещен вровень с элементом рисунка протектора. Благодаря этому обеспечивается гомогенность радиальной жесткости покрышки, а следовательно, и установленного узла. Кроме того, рисунок представляет собой рельефный элемент протектора, который находится в непосредственном контакте с грунтом. Остальные элементы протектора, как, например, углубления, хотя они тоже взаимодействуют с грунтом, подвергаются также воздействию других частей протектора, таких как рельефные элементы. Следовательно, результат измерения, получаемый при установке датчика вровень с элементом рисунка протектора, обладает большей динамикой, благодаря чему повышается точность определения имманентных характеристик грунта.

В соответствии с одним из предпочтительных вариантов осуществления оценка значений кривизны, соответствующих первым и вторым стационарным условиям в отношении граничных условий покрышки, включает следующие этапы:

получают регистрируемый сигнал чувствительного к кривизне датчика, соответствующий N оборотам колеса установленного узла, где N - целое число больше 1;

определяют в регистрируемом сигнале $2N$ локальных максимумов Y_{2N} и их соответствующие абсциссы X_{2N} ;

для любого j , где j - целое число строго больше 1 и строго меньше $2N$:

если $(X_j - X_{j-1}) < (X_{j+1} - X_j)$,

изолируют первый сигнал в зарегистрированном сигнале между центральным максимумом (X_j, Y_j) и предыдущим максимумом (X_{j-1}, Y_{j-1}) ;

определяют значение кривизны в стационарных условиях, обозначенной ρ_j , в первом сигнале;

изолируют второй сигнал в зарегистрированном сигнале между центральным максимумом (X_j, Y_j) и следующим максимумом (X_{j+1}, Y_{j+1}) ;

определяют значение кривизны в стационарных условиях, обозначенной ρ_{j+1} , по меньшей мере в одном втором сигнале;

иначе

изолируют первый сигнал в регистрируемом сигнале между центральным максимумом (X_j, Y_j) и следующим максимумом (X_{j+1}, Y_{j+1}) ;

определяют значение кривизны в стационарных условиях, обозначенной ρ_j , по меньшей мере в одном первом сигнале;

изолируют второй сигнал в регистрируемом сигнале между центральным максимумом (X_j, Y_j) и предыдущим максимумом (X_{j-1}, Y_{j-1}) ; и

определяют значение кривизны в стационарных условиях, обозначаемой ρ_{j+1} , по меньшей мере в одном втором сигнале; и

устанавливают кривизну ρ_A покрышки в условиях контакта с грунтом как среднее по меньшей мере из одного значения кривизны ρ_j , а кривизну ρ_B покрышки в условиях вне контакта с грунтом - как среднее из по меньшей мере одного значения ρ_{j+1} кривизны.

Этот способ оценки значений кривизны установленного узла в стационарных условиях в отношении граничных условий, применяемых для покрышки, основан на генерации сигнала, испускаемого датчиком типа выдающего множество импульсов прямоугольных волн за оборот колеса.

Изолируют первый сигнал, испускаемый датчиком, который соответствует некоторому конечному количеству N оборотов колеса. Обнаружение вращения установленного узла осуществляется с помощью датчика, известного из предшествующего уровня техники и встроенного внутрь покрышки, установленного узла или транспортного средства, и может иметь форму, например, инкрементального датчика или энкодера.

В указанном испускаемом сигнале достаточно определить значение кривизны, соответствующее стационарным условиям, используя специальные средства обработки сигнала для получения полезной информации из сигнала.

Этот сигнал предварительно изолируют на элементарные сигналы типа простой прямоугольной волны для упрощения определения значения кривизны в каждом наборе стационарных условий. Разбиение осуществляется путем изолирования сигнала между двумя локальными максимумами сигнала. Каждый локальный максимум соответствует зоне перехода от первого набора стационарных условий ко второму набору стационарных условий.

Затем простой количественный анализ интервал ординат сигналов между локальными максимумами обеспечивает возможность непосредственной идентификации стационарных условий типа контакта с грунтом относительно стационарных условий типа свободного вращения. В частности, вследствие круговой геометрической формы установленного узла угловой сектор пятна контакта покрышки непременно уже, чем угловой сектор покрышки вне зоны пятна контакта.

Наконец, определяют среднее из значений кривизны на каждый набор стационарных граничных условий, применяемый к установленному узлу. Это позволяет придать статистическую устойчивость значению кривизны для каждого набора стационарных условий. Эта операция имеет более важное значение в стационарных условиях типа контакта с грунтом, когда неоднородности, обусловленные в основном грунтом, но также и установленным узлом, могут, естественно, привести к дисперсии в оценках кривизны.

Предпочтительно, чтобы получение регистрируемого сигнала чувствительного к кривизне датчика, соответствующего N оборотам колеса установленного узла, включало следующие этапы:

регистрируют сигнал, испускаемый чувствительным к кривизне датчиком, соответствующий одному обороту колеса установленного узла;

производят периодизацию сигнала, испускаемого за N периодов, где N - целое число больше 1.

Чтобы наилучшим образом использовать пространство памяти, связанное с датчиком, целесообразно извлекать сигналы из датчика за один оборот колеса, соответствующий, например, временному интервалу ΔT , зависящему от скорости вращения установленного узла. После этого получают регистрируемый сигнал, соответствующий N оборотам колеса посредством периодизации сигнала, испускаемого датчиком за один оборот колеса.

Этот способ особенно подходит для взятия замеров грунта, характеристики которого были уже измерены. Кроме того, если прежние характеристики грунта какого-либо участка продемонстрировали определенную пространственную гомогенность грунта, то для временного отслеживания участка грунта достаточно точечного измерения.

В соответствии с другим частным вариантом осуществления, если датчик выдает косвенный параметр для окружной кривизны покрышки, включающий переменный параметр, способ включает в себя дополнительный этап:

корректируют косвенный параметр на основе регистрируемого сигнала с использованием переменного параметра.

В случае, когда выходная величина датчика подвержена влиянию параметров, которые изменяются при обороте колеса и с течением времени в момент проведения измерений, например, таких как угловая скорость установленного узла или температура, то эти изменения должны быть учтены. Аналогичным образом, если сигнал датчика не является линейным при приложенной нагрузке, то необходимо принять в расчет кривую калибровки датчика. Таким образом, имеется возможность корректировки сигнала, регистрируемого датчиком, например, радиального ускорения в случае работы с акселерометром, который зависит одновременно от кривизны и скорости перемещения установленного узла, посредством включения эффектов изменения этих параметров в регистрируемый сигнал. Прежде всего, следует оценить одновременно с сигналом, регистрируемым чувствительным к окружной кривизне датчиком, результаты измерений переменных параметров, если потребуется - с помощью каких-либо дополнительных средств. В качестве таких дополнительных средств можно использовать как измерительные приборы, так и устройства для синхронизации всех измерительных сигналов.

Затем следует, пользуясь этими дополнительными измерениями, интегрировать изменения указанных параметров в выходную величину чувствительного к кривизне датчика. Благодаря этому новый сигнал будет очищен от паразитных колебаний. В результате получают датчик, измеряющий непосредственно окружную кривизну. Форма новых сигналов типична для ожидаемой формы - сигнала с множеством прямоугольных волн. Затем применима та же обработка сигнала, которую проводят в рамках общего способа.

В соответствии с одним из особо предпочтительных вариантов осуществления кривизну ρ_j покрышки в условиях контакта с грунтом оценивают по сигналу, урезанному из первого сигнала.

Благодаря условию, учитывающему длину интервалов, удастся изолировать в регистрируемом сигнале прямоугольную волну, соответствующую стационарным условиям контакта с грунтом. Следующее действие с прямоугольной волной, имеющей первый и второй изолированные фронты, характеризующие переход датчика из первого набора стационарных условий вне контакта с грунтом в набор стационарных условий в контакте с грунтом, а затем ко второму переходу в обратном направлении между наборами стационарных условий, состоит в его намеренном сужении до части сигнала, которая характеризует условие, подлежащее анализу. Это обусловлено тем, что взаимодействия между установленным узлом и

грунтом способны изменять локальную жесткость грунта, что соответствует операции ее уплотнения. Отображение уплотнения грунта можно увидеть по значению плато прямоугольной волны первого сигнала. Оно изменяется по мере прохождения датчиком пятна контакта. В зависимости от требуемой информации может оказаться целесообразным ограничить измерения только некоторыми зонами пятна контакта.

В соответствии с одним из частных вариантов осуществления сигнал, урезанный из первого сигнала, определяют как первая половина этого первого сигнала.

Первая часть пятна контакта покрышки находится напротив грунта, который претерпел лишь незначительное воздействие установленного узла. По этой причине идентифицированное значение кривизны покрышки позволяет выполнять оценку относительной твердости грунта, которая представляет собой элемент информации, свойственный грунту, не претерпевшему влияния прохождения по нему установленного узла. Урезая первый сигнал, соответствующий прохождению датчика по пятну контакта, до первой половины этого первого сигнала, удастся сфокусировать анализ на этой имманентной величине так называемого необкатанного грунта.

В соответствии с другим частным вариантом осуществления сигнал, урезанный из первого сигнала, определяют как вторая половина первого сигнала.

Вторая часть пятна контакта покрышки находится напротив так называемого обкатанного грунта, которая претерпела воздействие покрышки. Поэтому идентифицированное значение кривизны покрышки позволяет выполнять оценку относительной твердости обкатанного грунта, по которому прошел установленный узел. Этот элемент информации представляет определенный интерес, поскольку он соответствует состоянию грунта после прохождения установленного узла. Следовательно, эта характеристика грунта является результатом действия установленного узла и транспортного средства.

В соответствии с одним из особо предпочтительных вариантов осуществления определение значений кривизны в стационарных условиях, обозначаемых p_j , включает в себя следующий этап:

выполняют симметрирование урезанного сигнала по интервалу, соответствующему урезанному сигналу, для получения нового сигнала в форме прямоугольной волны.

Упомянутый способ обеспечивает возможность генерирования сигнала типа прямоугольной волны. Таким образом, становится возможным использование тех же способов определения значений кривизны, что и применяемых в случаях, когда анализ сосредоточен на полном прохождении датчиком через пятно контакта.

Краткое описание чертежей

Сущность изобретения более понятна из нижеследующего описания, приведенного исключительно в качестве примера со ссылками на приложенные иллюстрации, где одинаковые части обозначены одними и теми же цифровыми позициями и где

фиг. 1 представляет собой блок-схему, иллюстрирующую этапы способа оценки твердости грунта согласно настоящему изобретению;

фиг. 2 иллюстрирует сигналы, регистрируемые двумя датчиками, чувствительными к окружной кривизне, которые помещены либо вровень с рисунком протектора согласно изобретению, либо в пространстве между двумя рисунками протектора;

фиг. 3a и 3b иллюстрируют этапы обработки сигнала, выдающего непосредственную величину окружной кривизны.

Осуществление изобретения

На фиг. 1 приведена блок-схема различных обязательных и опциональных этапов способа оценки твердости грунта. Началом является сигнал 102, испускаемый датчиком, чувствительным к окружной кривизне. Пространственная дискретизация этого сигнала должна быть достаточной для надлежащего описания его прохождения через пятно контакта. При этом необходим некоторый минимум из шести точек измерения на пятне контакта. Рассматриваемый сигнал может представлять собой результат непосредственного измерения окружной кривизны с помощью датчика изгиба или косвенного измерения с помощью, например, одноосного акселерометра, располагающегося в радиальном направлении относительно покрышки, или же пьезоэлектрического датчика, основное направление которого расположено на окружности относительно покрышки.

Этот сигнал может быть дополнен другими сигналами, 101 и 103, которые могут быть полезными для использования сигнала 102 кривизны. Конкретнее, в случае, когда сигнал 101 кривизны испытывает влияние со стороны переменных параметров, для корректировки этого сигнала 102 кривизны следует регистрировать также изменение указанных переменных параметров. Кроме того, необходимо также наличие сигнала 103 типа кодирующего сигнала или сигнала количества импульсов за оборот для выделения характеристики сигналов за один оборот установленного узла. Разумеется, непременным условием выполнения любого способа обработки информации должно быть проведение операции 104 синхронизации всей совокупности этих сигналов. По окончании этого первого процесса в рамках способа происходит генерация сигналов 108 кривизны, соответствующих некоторому конечному количеству N оборотов колеса, которые были бы при необходимости скорректированы в отношении колебания переменных параметров.

Второй процесс состоит в определении значений, характеризующих окружную кривизну в каждом из стационарных условий установленного узла. Под термином "стационарные условия" здесь понимается, что граничные условия, применяемые для зоны короны покрышки, расположенной вровень с датчиком, являются одинаковыми, то есть либо в контакте с грунтом, либо вне контакта с ней.

Для этого следует воспользоваться сильными изменениями кривизны на входе и выходе пятна контакта, чтобы выявить по сигналу чувствительного к кривизне датчика зоны стационарных условий. Таким образом, легко определить локальные максимумы 110 по сигналу 108 кривизны, который соответствует некоторому конечному количеству оборотов колеса. Парное сравнение ординат этих локальных максимумов позволяет легко идентифицировать части сигнала 108, соответствующие тому или иному набору стационарных условий. Это объясняется тем, что площадь пятна контакта неизбежно мала по сравнению с периметром установленного узла вследствие тороидальной формы покрышки. Таким образом, сравнение расстояний между ординатами предшествующего и следующего локальных максимумов четко укажет на зоны покрышки в контакте или вне контакта с грунтом.

Сигнал 108 кривизны, соответствующий каждой из этих зон, ограничиваемых локальными максимумами, подобен прямоугольной волне с двумя фронтами сильного изменения кривизны, которые разделены плато (пологим участком) с практически постоянным уровнем кривизны. Изолированные фронты соответствуют зонам перехода между зонами стационарных условий. Плато соответствует зоне, стабильной в отношении граничных условий, применяемых для короны покрышки, где располагается измерительный датчик. Именно эта часть сигнала будет впоследствии использована.

Для каждой из этих частей сигнала необходимо определить значение, которое характеризует кривизну, относящуюся к установленному узлу. Определение этого характерного значения осуществляется с использованием математических методов типа метода минимальных значений, метода медиан, метода наименьших квадратов или любого другого алгоритма. Первое характерное значение 111 или 113, обозначенное ρ_j , соответствует граничным условиям типа контакта с грунтом. Второе характерное значение 112 или 114, обозначенное ρ_{j+1} , относится к средней кривизне в стационарных условиях вне контакта с грунтом. Наконец, усредняя характерные значения для каждого набора стационарных условий по всему сигналу 108 кривизны, производят оценку, с одной стороны, значения кривизны покрышки в условиях 115 типа вне контакта с грунтом, обозначенной ρ_B , и, с другой стороны, значения кривизны покрышки в условиях 116 типа контакта с грунтом, обозначенной ρ_A .

Последний процесс 120 состоит в оценках 115 и 116 относительной твердости грунта по отношению к радиальной жесткости установленного узла на основе значений кривизны этого установленного узла, которые могут братья по отдельности или вместе. Если наиболее подходящей является величина, связанная с окружной кривизной ρ_A в стационарных условиях 116 типа контакта с грунтом, когда в расчет принимается жесткость грунта, то учет окружной кривизны ρ_B в условиях 115 вне контакта с грунтом позволит добиться количественного улучшения определения твердости грунта.

Опционально можно оценивать твердость грунта при входе покрышки в грунт, делая акцент на первой половине плато прямоугольной волны в направлении продвижения вперед установленного узла. Этот замер представляет собой элемент данных, присущий самому грунту. Можно также измерять твердость грунта по второй половине пятна контакта, что открывает путь к оценке твердости грунта, которая могла в ряде случаев претерпеть изменения вследствие прохождения по ней установленного узла. Разница между этими двумя отличительными характеристиками твердости грунта позволяет получить величину, сходную с уплотнением грунта после прохождения по ней установленного узла.

На фиг. 2 приведены характеристики пьезоэлектрических датчиков, чувствительных к окружной кривизне, когда они установлены на покрышке марки Michelin Multibib с размерами 650/60 R38 при передвижении трактора Fendt Turbomatik Favorit 614 LSA. Эта покрышка оснащена двумя группами грунтозацепов, расположенных на боковых частях протектора с угловым смещением относительно друг друга. В частности, каждый грунтозацеп отходит от середины короны и далее идет в направлении, образующем угол порядка 30° попеременно в направлениях по часовой и против часовой стрелки относительно оси X наружу.

Первый пьезоэлектрический датчик располагается на внутренней оболочке покрышки, причем активная часть этого датчика закреплена вровень с одним из грунтозацепов. Для оптимизации характеристики сигнала этот датчик помещают как можно ближе к середине протектора. Второй датчик размещают вровень с зоной между двумя грунтозацепами. Для него тоже выполняют оптимальное центрирование относительно ширины короны.

Установленный узел будет передвигаться по двум грунтам с разной твердостью. Первый грунт представляет собой дорогу с битумным покрытием, имеющую большую жесткость. Второй грунт - сельскохозяйственное поле, которое в течение нескольких дней не подвергалось возделыванию и вспашке. Таким образом, деформация, которую испытывает покрышка в этих двух зонах, будет разной, поэтому можно рассчитывать, что датчик, чувствительный к окружной кривизне, будет в состоянии воспроизвести эти явления.

Установленный узел накачивают до давления 1,6 бар, после чего трактор едет с постоянной скоро-

стью 10 км/ч как по дороге, так и по полю.

Показанные жирными линиями кривые 201 и 203 обозначают сигнал первого пьезоэлектрического датчика, активная часть которого располагается вровень с одним из грунтозацепов протектора. Кривые 202 и 204, показанные тонкими линиями, представляют собой сигналы второго датчика, находящегося в зоне между грунтозацепами. Кривые 201 и 202, показанные сплошными линиями, соответствуют езде по дороге, а кривые 203 и 204, показанные пунктиром - езде по полю сельскохозяйственного назначения.

Показанные кривые представляют собой средние за 10 оборотов колеса значения суммарных выходных сигналов пьезоэлектрического датчика в вольтах за один полный оборот колеса. Начало углов располагается в вертикальном направлении по положительным осям Z в галилейской системе отсчета. Сильное изменение в районе 180° соответствует сигналу датчика при его прохождении по пятну контакта.

Можно также четко видеть, что сигнал первого датчика правилен, если исходить из ожидаемого результата. Кроме того, заметно сильное изменение его сигнала (ср. плато прямоугольных волн кривых 201 и 203, соответствующие прохождению по пятну контакта), которое пропорционально жесткости грунта и, следовательно, кривизне покрышки.

И наоборот, сигнал второго датчика является недостаточно дифференцирующим. Прежде всего, амплитуда сигнала второго датчика заметно меньше, чем у первого, в частности, в зоне первой прямоугольной волны - ср. кривые 202 и 201 или 203 и 204. Кроме того, амплитуда сигнала второго датчика одинакова вне зависимости от характера грунта - ср. кривые 202 и 204. Соответственно подтверждается, что установка датчика вровень с элементом рисунка протектора в контакте грунтом является неременным условием оценки твердости грунта.

Таким образом, датчик, чувствительный к окружной кривизне покрышки, позволяет при одинаковых условиях (то есть при том же давлении накачки, той же нагрузке и той же скорости передвижения) производить сравнительную оценку грунтов в соответствии с их твердостью.

На фиг. 3а приводятся, во-первых, временная регистрация электрического сигнала, испускаемого датчиком, чувствительным к окружной кривизне (поз. 400), и, во-вторых, сигнал кодирования количества импульсов за оборот (поз 401). Эти сигналы синхронизируются и дискретизируются с частотой дискретизации 2400 Гц.

Датчик кривизны пьезоэлектрического типа размещают на покрышке марки Michelin Multibib с размерами 650/60 R38 при передвижении трактора Fendt Turbomatik Favorit 614 LSA. Трактор едет по грунту с определенной жесткостью с постоянной скоростью 10 км/ч. В данном случае установленный узел накачивают до давления 1,6 бар. Предусмотрено преобразование выходного напряжения датчика в кривизну. Можно было бы также применить выходной сигнал акселерометра, помещенного вровень с рисунком протектора, у которого были бы отфильтрованы низкие частоты и произведена коррекция на скорость вращения установленного узла. Скорость вращения определяют, например, с помощью энкодера количества импульсов за оборот колеса.

Пользуясь энкодером импульсов за один оборот, который установлен на оси трактора, содержащего испытываемую покрышку, и генерирует импульсы Дирака за каждый оборот колеса, получают регистрируемый сигнал, соответствующий 5-ти оборотам колеса. В качестве регистрируемого сигнала используют тот сигнал, который заключен в пунктирной рамке 1000.

Можно видеть, что регистрируемый сигнал включает в себя 10 локальных максимумов с номерами, начиная с 501, то есть по два на каждый оборот колеса. Эти локальные максимумы соответствуют моменту, когда датчик, чувствительный к окружной кривизне, входит в зону пятна контакта или выходит из нее. Пространственное разнесение между двумя смежными локальными максимумами значительно варьирует. Так, если взять локальный максимум 506, то предшествующий 505 и следующий 507 максимумы располагаются соответственно ближе к нему, а другой - дальше от него. При этом окружная длина покрышки в пределах пятна контакта заметно меньше, чем остальная окружная длина этой покрышки. Совершенно очевидно, что максимум 505 соответствует входу в зону пятна контакта, максимум 506 выходу из зоны пятна контакта для того же оборота колеса, а максимум 507 - входу в зону пятна контакта для следующего оборота колеса.

Таким образом, создается возможность без труда идентифицировать на кривой 400 зоны отклика, в которых датчик находится либо в пределах пятна контакта, либо за его пределами. Отмечается определенная стабильность сигнала датчика вне зависимости от географического положения установленного узла на поле. Шаг пространственной дискретизации измерений составляет порядка пяти метров. Благодаря этому удастся усреднять сигналы датчика за несколько оборотов колеса. В противном случае будет необходим анализ по каждому очередному обороту колеса. Комбинируя информацию об оборотах колеса с данными по географическому положению трактора в поле, например, с помощью GPS (системы глобального позиционирования), можно получить картографическую картину жесткости данной поверхности с более или менее точной пространственной дискретизацией путем, например, увеличения количества замеров твердости грунта. Такого увеличения количества замеров можно добиться, например, посредством разбиения на квадраты, осуществляемого с помощью соответствующих перемещений трактора.

На фиг. 3б иллюстрируются средние за 5 оборотов колеса значения сигналов датчика кривизны, ус-

становленного на крышке трактора, едущего либо по рыхлом грунте 500, либо по твердому грунту 600. Условия работы крышки, то есть, главным образом, давление накачки, приложенная нагрузка и скорость передвижения, являются одинаковыми.

Следует отметить, что кривизна крышки вне зоны контакта практически постоянна и составляет порядка 6° . Если рассуждать последовательно, то кривизна, наблюдаемая в крышке вне зоны контакта при перемещении установленного узла по рыхлому грунту, будет уменьшаться по сравнению с кривизной при движении по твердому грунту.

И, наконец, кривизна в зоне контакта сильно различается при работе на грунтах разной природы. На твердом грунте кривизна мала из-за уплощения крышки. Если же мы имеем дело с рыхлым грунтом, то становится четко заметным уменьшение кривизны по сравнению с условиями работы вне контакта с грунтом, однако результирующая кривизна все еще остается в этом случае на уровне около 50% от кривизны вне зоны контакта с грунтом.

В данном случае алгоритм оценки кривизны состоит в использовании медианы точек по всему плато. Так, для кривой 500, которая соответствует рыхлому грунту, получают значение кривизны ρ_A в контакте с грунтом, равное $3,2^\circ$, и значение кривизны ρ_B вне контакта с грунтом порядка $5,9^\circ$. Аналогичным образом, для кривой 600, соответствующей твердому грунту, получают значение кривизны ρ_A' в контакте с грунтом порядка $0,5^\circ$ и значение кривизны ρ_B' вне контакта с грунтом порядка $6,1^\circ$.

Получают первое значения относительной кривизны на рыхлом грунте (обозначено С) порядка 0,54 и второе значение относительной кривизны на твердом грунте (обозначено С) порядка 0,082.

Предварительно выполняют на установленном узле некоторые дополнительные измерения. Вначале принимаются меры по цифровому моделированию с целью выявления изменений вертикальной жесткости установленного узла в зависимости от давления накачки. Так, применительно к номинальным условиям использования установленного узла в отношении давления и приложенной нагрузки были выполнены операции моделирования вертикальной жесткости установленного узла после проведения расчета раздавливания на скользком грунте с целью приложения нагрузки. Исходя из этих действий, можно построить степенную зависимость в соответствии с давлением накачки типа $(P)^\gamma$.

Далее выполнили экспериментальную калибровку датчика, чувствительного к окружной кривизне установленного узла, с целью определения параметра α модели. Так, зафиксировав предварительно давление накачки установленного узла в диапазоне его рабочих давлений, предприняли передвижения с постоянной скоростью и по прямой линии по трем грунтам с разной твердостью. Посредством идентификации методом наименьших квадратов удалось произвести оценку коэффициента α для установленного узла, а конкретно в рассматриваемом случае - со значением 2,4.

Наконец, благодаря предварительно выполненной калибровке получали значение твердости для твердого грунта в сравнении с таковым для рыхлого грунта порядка 5,95, что является корректным с учетом разной природы этих грунтов.

Кроме того, изменяя давление накачки установленного узла до величины 2,6 бар, провели измерения кривизны для тех же двух грунтов.

При работе на твердом грунте протокол измерений фиксирует значение кривизны ρ_A' в условиях контакта с грунтом порядка 1° и значение кривизны ρ_B' вне контакта с грунтом - порядка $6,1^\circ$. В результате значение С относительной кривизны для твердого грунта составляет порядка 0,16.

При работе на рыхлом грунте определяется значение кривизны ρ_A в контакте с грунтом порядка $4,3^\circ$ и значение кривизны ρ_B вне контакта с грунтом порядка $6,0^\circ$. Соответственно значение С относительной кривизны для рыхлого грунта составляет порядка 0,72. Аналогичным образом получают значение твердости для твердого грунта в сравнении с таковым для рыхлого грунта порядка 6,04.

И, наконец, определяют для того же установленного узла коэффициент β_2 эмпирического закона порядка -0,4 для коэффициента γ со значением 0,79, который описывает изменение вертикальной жесткости этого установленного узла с давлением накачки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ оценки твердости грунта, по которому передвигается транспортное средство, оснащенное по меньшей мере одним установленным узлом с радиальной жесткостью $k_{\text{радиальн}}$, содержащим крышку, имеющую корону, две боковины и два борта и оснащенную по меньшей мере одним датчиком, чувствительным к окружной кривизне и размещенным вровень с короной, включающий следующие этапы:

оценивают значение кривизны ρ_A крышки, соответствующее первым стационарным условиям крышки в контакте с грунтом;

оценивают относительную твердость грунта по отношению к радиальной жесткости $k_{\text{радиальн}}$ установленного узла как функцию значения кривизны ρ_A крышки.

2. Способ оценки твердости грунта по п.1, включающий следующие этапы:

оценивают значение кривизны ρ_B крышки, соответствующее вторым стационарным условиям крышки вне контакта с грунтом;

оценивают относительную твердость грунта по отношению к радиальной жесткости $k_{\text{радиальн}}$ установленного узла как функцию значений кривизны ρ_A и ρ_B покрышки.

3. Способ оценки твердости грунта по п.2, включающий следующие этапы:

устанавливают относительную кривизну C как отношение ρ_A/ρ_B значений кривизны покрышки в контакте и вне контакта с грунтом;

оценивают относительную твердость грунта по отношению к радиальной жесткости $k_{\text{радиальн}}$ установленного узла как функцию относительной кривизны C .

4. Способ оценки твердости грунта по п.3, включающий следующие этапы:

оценивают относительную твердость грунта по отношению к радиальной жесткости $k_{\text{радиальн}}$ установленного узла с применением нижеследующей формулы, где параметры α , β_1 и β_2 представляют собой коэффициенты, зависящие от установленного узла, а P представляет собой давление накачки установленного узла

$$\frac{k_{\text{грунт}}}{k_{\text{радиальн}}} = \frac{|1 + \alpha * C - (1 + \alpha) * C^2|}{\beta_1 * P^{\beta_2} * C}$$

5. Способ оценки твердости грунта по любому из пп.1-4, в котором, когда покрышка определяет пятно контакта при применении номинальных условий использования установленного узла, имеющее размер L_{adc} в осевом направлении установленного узла, по меньшей мере один датчик при каждом измерении оценивает среднюю окружную кривизну по длине, составляющей от 10 до 80% размера L_{adc} .

6. Способ оценки твердости грунта по п.5, в котором, когда покрышка определяет пятно контакта, имеющее размер L_{adc} в поперечном направлении установленного узла, по меньшей мере один датчик при каждом измерении оценивает среднюю окружную кривизну по ширине, составляющей от 10 до 80% ширины L_{adc} .

7. Способ оценки твердости грунта по одному из пп.1-6, в котором датчик измеряет среднюю кривизну зоны короны покрышки в контакте с грунтом, которая является гомогенной в отношении радиальной жесткости.

8. Способ оценки твердости грунта по п.7, в котором датчик измеряет среднюю кривизну зоны короны вровень с элементом рисунка протектора покрышки.

9. Способ оценки твердости грунта по одному из пп.1-8, в котором оценка значений кривизны, соответствующих первым и вторым стационарным условиям в отношении граничных условий покрышки, включает следующие этапы:

получают зарегистрированный сигнал от чувствительного к кривизне датчика, соответствующий N оборотам колеса установленного узла, где N - целое число строго больше 1;

определяют в зарегистрированном сигнале $2N$ локальных максимумов Y_{2N} и их соответствующие значения X_{2N} абсциссы;

для любого j , являющегося целым числом строго больше 1 и строго меньше $2N$:

если $(X_j - X_{j-1}) < (X_{j+1} - X_j)$,

а) изолируют первый сигнал в зарегистрированном сигнале между центральным максимумом (X_j , Y_j) и предыдущим максимумом (X_{j-1} , Y_{j-1});

б) определяют значение кривизны в стационарных условиях, обозначенной ρ_j , в первом сигнале;

с) изолируют второй сигнал в зарегистрированном сигнале между центральным максимумом (X_j , Y_j) и следующим максимумом (X_{j+1} , Y_{j+1}); и

д) определяют значение кривизны в стационарных условиях, обозначенной ρ_{j+1} , во втором сигнале; иначе

а) изолируют первый сигнал в зарегистрированном сигнале между центральным максимумом (X_j , Y_j) и следующим максимумом (X_{j+1} , Y_{j+1});

б) определяют значение кривизны в стационарных условиях, обозначенной ρ_j , в первом сигнале;

с) изолируют второй сигнал в зарегистрированном сигнале между центральным максимумом (X_j , Y_j) и предыдущим максимумом (X_{j-1} , Y_{j-1}); и

д) определяют значение кривизны в стационарных условиях, обозначенной ρ_{j+1} , во втором сигнале;

устанавливают кривизну ρ_A покрышки в условиях контакта с грунтом как среднее по меньшей мере из одного значения кривизны ρ_j , а кривизну ρ_B покрышки в условиях вне контакта с грунтом - как среднее по меньшей мере из одного значения кривизны ρ_{j+1} .

10. Способ оценки твердости грунта по п.9, в котором получение зарегистрированного сигнала от чувствительного к кривизне датчика, соответствующего N оборотам колеса установленного узла, включает следующие этапы:

регистрируют сигнал, испускаемый чувствительным к кривизне датчиком, соответствующий одному обороту колеса установленного узла;

производят периодизацию сигнала, испускаемого за N периодов, где N - целое число больше 1.

11. Способ оценки твердости грунта по одному из пп.9 и 10, в котором, если датчик выдает косвенный параметр для окружной кривизны покрышки, включающий по меньшей мере один переменный параметр, способ включает дополнительный этап:

корректируют косвенный параметр на основе зарегистрированного сигнала с использованием по меньшей мере одного переменного параметра.

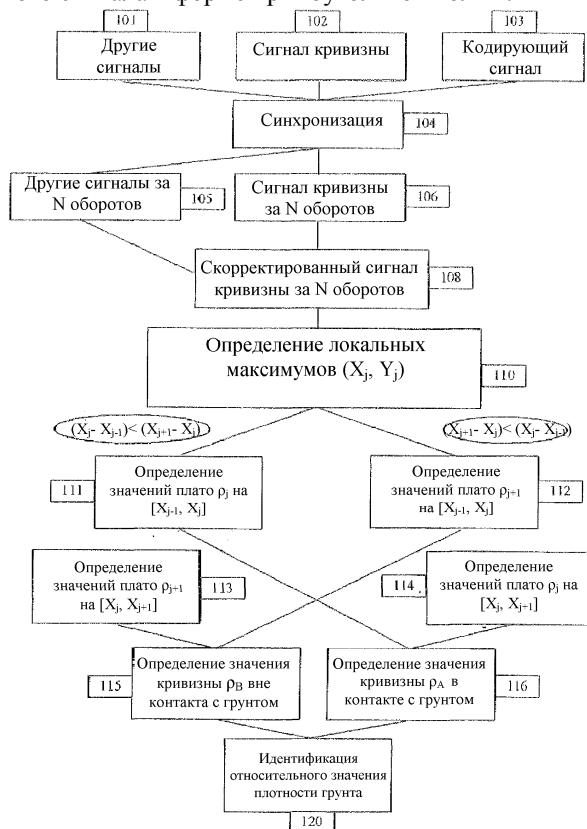
12. Способ оценки твердости грунта по одному из пп.9-11, в котором кривизну ρ_j покрышки в условиях контакта с грунтом оценивают на основе сигнала, урезанного из первого сигнала.

13. Способ оценки твердости грунта по п.12, в котором сигнал, урезанный из первого сигнала, соответствует первой половине первого сигнала.

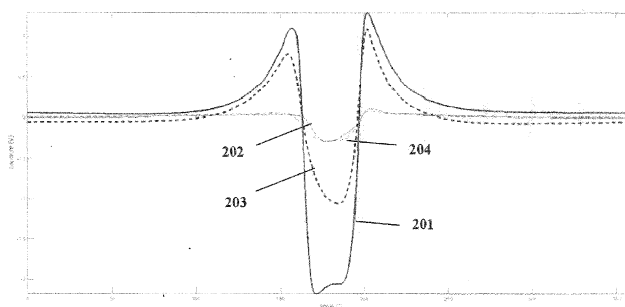
14. Способ оценки твердости грунта по п.12, в котором сигнал, урезанный из первого сигнала, соответствует второй половине первого сигнала.

15. Способ оценки твердости грунта по одному из пп.13 и 14, в котором определение значений кривизны ρ_j в условиях контакта с грунтом включает следующий этап:

выполняют симметрирование урезанного сигнала по интервалу, соответствующему урезанному сигналу, для получения нового сигнала в форме прямоугольной волны.



Фиг. 1



Фиг. 2

