

Корисна модель належить до технічних засобів діагностування та експлуатаційного контролю, зокрема до пристроїв для визначення динамічного радіуса колеса та нахилу мобільної машини, та може бути використана для моніторингу у режимі реального часу при експлуатації мобільної машини, або при проведенні експериментальних досліджень та експлуатаційних випробувань мобільних машин, для оцінки параметрів та експлуатаційних характеристик мобільної машини.

З патенту України на корисну модель UA128467U [опубл. 25.09.2018, МПК G01P 3/44, G01P 15/14, G01V 7/00] відомий пристрій для визначення динаміки колеса, в якому для вимірювання використовують тривісний акселерометр, тривісний гіроскоп, та тривісний магнітометр встановлені на колесі мобільної машини. Отримувані з цих вимірювальних датчиків масиви даних обробляють фільтром Madgwick за допомогою контролера, що забезпечує визначення прискорення, кутових швидкостей та орієнтації колеса у просторі.

Цей пристрій дозволяє визначати, зокрема нахил колеса у просторі, однак він не дозволяє визначити динамічний радіус колеса. Для повної (точної) оцінки динаміки мобільної машини при її оцінці необхідно враховувати не лише вплив зміни нахилу колеса у просторі, а й вплив зміни радіуса колеса на динаміку мобільної машини.

В патенті Кореї на винахід KR100827181B1 [опубл. 02.05.2008, МПК G01B 11/08] описаний пристрій для визначення динамічного радіуса колеса, який як засоби вимірювання використовує множину лазерних датчиків, що прикріплені до осі колеса, з яких отримуються значення відстані між віссю колеса та ґрунтом. Отримувані з цих вимірювальних датчиків дані використовуються для визначення динамічного радіуса колеса.

При визначенні динамічного радіуса колеса однак не враховується нахил вертикальної осі колеса у поздовжньому та поперечному напрямках, що погіршує точність визначення динамічного радіуса колеса. Крім цього, такий пристрій пристосований лише до визначення динамічного радіуса колеса, відповідно, він має вузьку та обмежену сферу застосування при проведенні вимірювань.

Крім цього, необхідність забезпечити при встановленні датчика відстані на вісь обертання колеса його чіткої орієнтації, а, саме, встановлення орієнтованим вертикально та спрямованим вниз (перпендикулярно до опорної поверхні), ускладнює конструкцію кріплення датчика.

Як найближчий за технічною суттю до корисної моделі вибраний пристрій, розкритий в міжнародній заявці на винахід WO2020058941A1 [опубл. 26.03.2020, МПК G01C 19/00, G01C 21/10, G01D 5/12, G01P 1/08, G01P 15/18, G01P 3/44] що містить вимірювальні датчики, акселерометр та гіроскоп, які конфігуровані для встановлення на колесо або вісь колеса мобільної машини. Пристрій містить вимірювальний блок, який включає контролер, який конфігурований для отримання даних від акселерометра та гіроскопа. Контролер пристрою обробляє дані та, зокрема, забезпечує визначення динамічного радіуса колеса та нахилу опорної поверхні, по якій рухається колесо мобільної машини.

Розташування вимірювальних датчиків на колесі або вісі колеса мобільної машини, при необхідності дотримання певних вимог до точності їх встановлення, як вже було зауважено раніше, потребує використання досить складної конструкції кріплення датчика.

Недоліком цього відомого пристрою також є те, що хоча він дозволяє врахувати нахили опорної поверхні, по якій рухається колесо, однак він не враховує нахили власне колеса в поздовжньому та поперечному напрямках, що знижує точність визначення показників. Також визначення радіуса колеса здійснюється шляхом перерахунку динамічних показників колеса (прискорень та кутових швидкостей) в радіус, що вносить додаткову похибку у визначення динамічного радіуса колеса, оскільки згадані динамічні показники залежать, зокрема, від динамічних процесів прискорення та гальмування мобільної машини.

В основу корисної моделі поставлена задача створення пристрою для визначення динамічного радіуса колеса та нахилу мобільної машини, який забезпечує уникнення недоліків пристроїв, які відомі з рівня техніки, та дозволяє як визначати динамічний радіус колеса, так і нахил мобільної машини, та належним чином врахувати їх вплив при подальшій оцінці динаміки мобільної машини.

Ще однією задачею корисної моделі є створення універсального, простого в реалізації пристрою, що водночас дозволяє швидко, надійно, та з достатньо високою точністю визначати динамічний радіус колеса та нахил мобільної машини.

Поставлені задачі вирішуються тим, що у пристрої для визначення динамічного радіуса колеса та нахилу мобільної машини, що містить вимірювальний блок та вимірювальні датчики, згідно з корисною моделлю, вимірювальний блок містить щонайменше один мікроконтролер, до складу вимірювальних датчиків входять щонайменше один датчик відстані, розташований з зовнішньої або внутрішньої сторони щонайменше одного колеса, навпроти центра колеса, таким чином що центр датчика відстані знаходиться на горизонтальній осі центру колеса, що виконаний з можливістю отримання даних про значення відстані між горизонтальною віссю центру колеса та ґрунтом для визначення динамічного радіуса колеса, щонайменше один тривісний акселерометр, щонайменше один тривісний гіроскоп, щонайменше один тривісний магнітометр, розташовані в центрі мас мобільної машини (О), що виконані з можливістю отримання даних, що включають значення прискорення a_x , a_y , a_z , кутової

швидкості ω_x , ω_y , ω_z , вертикальної складової індукції магнітного поля Землі, причому датчик відстані, тривісний акселерометр, тривісний гіроскоп, тривісний магнітометр виконані з можливістю передачі даних значень вимірюваних величин до мікроконтролера, вимірювальний блок виконаний з можливістю об'єднання одержуваних даних значень вимірюваних величин, перерахунку, за допомогою фільтру Madgwick, значень прискорення a_x , a_y , a_z , кутової швидкості ω_x , ω_y , ω_z , та вертикальної складової індукції магнітного поля Землі в дані про кути орієнтації колеса в просторі α , β , γ , для визначення відстані від центру колеса мобільної машини до датчика відстані та кутів нахилу вертикальної осі колеса мобільної машини, корекції отримуваних з датчика відстані значень динамічного радіуса колеса залежно від визначеної відстані від центру колеса мобільної машини до датчика відстані, та від визначених кутів α поперечного нахилу вертикальної осі колеса мобільної машини, та β поздовжнього нахилу вертикальної осі колеса мобільної машини.

Розташування датчика відстані з зовнішньої або внутрішньої сторони щонайменше одного колеса, навпроти центра колеса, таким чином що центр датчика відстані знаходиться на горизонтальній осі центру колеса, дозволяє виміряти відстань від центру мас колеса до опорної поверхні (ґрунту) після колеса, тобто динамічний радіус колеса, та, одночасно, забезпечує можливість його швидкого встановлення та демонтажу під час експериментальних досліджень та експлуатаційних випробувань мобільних машин, запобігає похибкам вимірювань, що можуть бути зумовлені неправильним монтажем вимірювальних датчиків.

Застосування тривісного акселерометра, тривісного гіроскопа та тривісного магнітометра, які визначають кути орієнтації мобільної машини дозволяє створити просту, та водночас надійну систему визначення динамічного радіуса колеса та нахилу мобільної машини, та підвищити точність визначення динамічних радіусів коліс мобільної машини шляхом врахування нахилу машини в поздовжньому та поперечному напрямках.

Розташування тривісного акселерометра, тривісного гіроскопа, тривісного магнітометра в центрі мас мобільної машини (О) дозволяє підвищити точність визначення вимірювальним блоком кутів орієнтації в просторі α , β , γ отримуваних з вимірювальних датчиків, та, відповідно, кутів нахилу колеса, що відображають фактичний нахил мобільної машини.

Доцільно, щоб як датчик відстані використовувався ультразвуковий датчик відстані або лазерний далекомір.

Зауважимо що хоча пристрій може як датчик відстані використовувати лазерний далекомір, переважним є застосування ультразвукового датчика відстані оскільки це дозволяє спростити конструкцію пристрою для визначення динамічного радіуса колеса та нахилу мобільної машини при забезпеченні достатньої точності вимірювання.

Згідно з переважним варіантом реалізації, пристрій виконано з можливістю встановлення на чотириколісну мобільну машину, що має переднє ліве колесо (2), переднє праве колесо (3), заднє ліве колесо (7), заднє праве колесо (8), що оснащені шинами, та розташовані по відповідним сторонам рами або кузова мобільної машини, до складу вимірювальних датчиків входять передній лівий датчик відстані (4), передній правий датчик відстані (5), задній лівий датчик відстані (9), задній правий датчик відстані (10) які опосередковано або безпосередньо встановлені на раму або кузов мобільної машини таким чином, що забезпечено мінімальну відстань між відповідним датчиком відстані та колесом, та, одночасно, виключено можливість контакту відповідних датчиків відстані з відповідними колесами.

Також, згідно з переважним варіантом реалізації корисної моделі, мікроконтролер одержує першу сукупність даних значення відстані між горизонтальною віссю центру переднього лівого колеса (2) та ґрунтом (1), яка виміряна переднім лівим датчиком відстані (4), другу сукупність даних значення відстані між горизонтальною віссю центру переднього правого колеса (3) та ґрунтом (1), яка виміряна переднім правим датчиком відстані (5), третю сукупність даних значення відстані між горизонтальною віссю центру заднього лівого колеса (7) та ґрунтом (11), яка виміряна заднім лівим датчиком відстані (9), четверту сукупність даних значення відстані між горизонтальною віссю центру заднього правого колеса (8) та ґрунтом (11), яка виміряна заднім правим датчиком відстані (10), та виконаний з можливістю корекції, для визначеного або кожного колеса мобільної машини, значення динамічного радіуса переднього лівого колеса мобільної машини r_{kd1} , динамічного радіуса переднього правого колеса мобільної машини r_{kd2} , динамічного радіуса заднього лівого колеса мобільної машини r_{kd3} , динамічного радіуса заднього правого колеса мобільної машини r_{kd4} , залежно від визначеної відстані від центру переднього лівого колеса мобільної машини до переднього лівого датчика відстані Δh_{x1} , відстані від центру переднього правого колеса мобільної машини до переднього лівого датчика відстані Δh_{x2} , відстані від центру заднього лівого колеса мобільної машини до заднього лівого датчика відстані Δh_{x3} , відстані від центру заднього правого колеса мобільної машини до заднього правого датчика відстані Δh_{x4} , та значення динамічних радіусів коліс r_{kd1} , r_{kd2} , r_{kd3} , r_{kd4} залежно від визначених кутів α та β нахилу вертикальних осей відповідних коліс мобільної машини.

Визначені кути нахилу машини зокрема дозволяють врахувати нахил вертикальної осі колеса в поздовжньому та поперечному напрямках, і, відповідно, скорегувати динамічний радіус колеса.

Описане виконання пристрою також дозволяє забезпечити підвищену точність вимірювання динамічних радіусів коліс.

Бажаним є варіант реалізації, при якому вимірювальний блок виконаний з можливістю здійснення неперервного вимірювання в реальному часі, та передачі даних до загальної вимірювальної системи мобільної машини, як вихідних даних для обчислень здійснюваних вимірювальною системою мобільної машини, та/або як даних для відображення на інформаційному дисплеї в кабіні мобільної машини.

Таким чином пристрій адаптований до можливості в режимі реального часу, під час руху мобільної машини, вимірювати параметри необхідні для визначення динамічного радіуса колеса та нахилу мобільної машини.

Загалом описана сукупність ознак технічного рішення дозволяє, застосувавши відносно простий вимірювальний блок, та мінімально необхідну кількість вимірювальних датчиків, з високою точністю та достовірно визначати динамічні радіуси коліс мобільної машини (відстань від центра мас колеса до опорної поверхні), кути нахилу мобільної машини (кут поперечного нахилу рами мобільної машини (кут крену) та кут поздовжнього нахилу рами мобільної машини (кут тангажу).

Суть корисної моделі пояснюється супровідним кресленням, де зображено схему пристрою для визначення динамічного радіуса колеса та нахилу мобільної машини.

На кресленні позначено: 1, 11 - ґрунт; 2 - переднє ліве колесо машини; 3 - переднє праве колесо машини; 4 - передній лівий датчик відстані; 5 - передній правий датчик відстані; 6 - тривісний акселерометр, тривісний гіроскоп та тривісний магнітометр; 7 - заднє ліве колесо машини; 8 - заднє праве колесо машини; 9 - задній лівий датчик відстані; 10 - задній правий датчик відстані; т. О - центр мас мобільної машини; r_{kd1} - динамічний радіус переднього лівого колеса мобільної машини; Δh_{x1} - відстань від центру переднього лівого колеса мобільної машини до переднього лівого датчика відстані; r_{kd2} - динамічний радіус переднього правого колеса мобільної машини; Δh_{x2} - відстань від центру переднього правого колеса мобільної машини до переднього лівого датчика відстані; r_{kd3} - динамічний радіус заднього лівого колеса мобільної машини; Δh_{x3} - відстань від центру заднього лівого колеса мобільної машини до заднього лівого датчика відстані; r_{kd4} - динамічний радіус заднього правого колеса мобільної машини; Δh_{x4} - відстань від центру заднього правого колеса мобільної машини до заднього правого датчика відстані; a_x, a_y, a_z - прискорення рами мобільної машини по трьох осях; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ - кутові швидкості рами мобільної машини навколо відповідних осей; α, β, γ - кути орієнтації рами мобільної машини в просторі (α - кут поперечного нахилу рами мобільної машини (кут крену); β - кут поздовжнього нахилу рами мобільної машини (кут тангажу); γ - кут повороту рами мобільної машини навколо вертикальної вісі (кут рискання).

У наведеному на кресленні прикладі реалізації схематично зображено пристрій для визначення динамічних радіусів коліс та нахилу для чотириколісної мобільної машини, що має щонайменше дві пари коліс та з'єднання, таке як рама або кузов мобільної машини, між ними. Однак даний пристрій також може бути використаний також для одно, двох та багатокісних мобільних машин. Кількість коліс, для яких вимірюється динамічний радіус, може бути необмеженою. При цьому доцільно, в разі якщо потрібно отримувати дані вимірювань з мобільної машини, що має більш ніж одне колесо, пристрій для визначення динамічних радіусів коліс та нахилу споряджати кількістю вимірювальних датчиків (конкретно - датчиків відстані) що відповідає кількості коліс.

Перед початком проведення експериментальних досліджень або експлуатаційних випробувань пристрій для визначення динамічного радіуса колеса та нахилу мобільної машини встановлюється на мобільну машину. Це може бути будь-яка мобільна машина, зокрема доцільним є застосування пристрою для проведення вимірювань показників коліс тракторів, автомобілів сільськогосподарського призначення, навісної або причіпної сільськогосподарської техніки.

Нижче більш детально описано приклад здійснення корисної моделі для чотириколісної мобільної машини, що має переднє ліве колесо 2, переднє праве колесо 3, заднє ліве колесо 7, заднє праве колесо 8, що оснащені шинами, встановленими на обід колеса, та розташовані по відповідним сторонам рами або кузова мобільної машини.

До складу вимірювальних датчиків пристрою входять: передній лівий датчик відстані 4, передній правий датчик відстані 5, задній лівий датчик відстані 9, задній правий датчик відстані 10, що опосередковано (через проміжну деталь) або безпосередньо встановлюються на раму або кузов мобільної машини, та розташовуються з зовнішньої або внутрішньої сторони колеса, симетрично вздовж поздовжньо-вертикальної площини колеса, навпроти центра колеса, таким чином що центр датчика відстані збігався з горизонтальною віссю центру відповідних коліс 2, 3, 7, 8 мобільної машини (в горизонтальній площині).

Датчики відстані 4, 5, 9, 10 монтуються на кузов або раму мобільної машини таким чином, щоб відстані між відповідними датчиками відстані: $\Delta h_{x1}, \Delta h_{x2}, \Delta h_{x3}, \Delta h_{x4}$ (див. креслення), та обідом або шиною відповідних коліс 2, 3, 7, 8 були мінімальними, та, водночас, при будь-яких умовах експлуатації гарантованим було уникнення контакту датчиків відстані з колесом (зокрема обідом або шиною

колеса).

В наведеному прикладі як датчики відстані 4, 5, 9, 10 застосовуються ультразвукові датчики відстані, але також допускається використання лазерних далекомірів.

Інші вимірювальні датчики: тривісний акселерометр, тривісний гіроскоп та тривісний магнітометр 6 встановлюють в попередньо визначеному місці, т. О - центрі мас мобільної машини. Згадані акселерометр, гіроскоп та магнітометр 6 визначають прискорення a_x , a_y , та a_z , кутові швидкості ω_x , ω_y , ω_z і кути орієнтації колеса в просторі α , β , γ .

Динамічні радіуси коліс r_{kd1} , r_{kd2} , r_{kd3} , r_{kd4} визначаються за допомогою датчиків відстані 4, 5, 9, 10, які встановлюються на горизонтальній осі центру коліс, що відповідає центру мас відповідного колеса 2, 3, 7, 8. Відстані від датчиків 4, 5, 9, 10 у вертикальному напрямі до опорної поверхні (ґрунту) що динамічно змінюються під час експлуатації мобільної машини фактично і є динамічним радіусом відповідних коліс 2, 3, 7, 8.

Пристрій для визначення динамічного радіуса колеса та нахилу мобільної машини також містить мікроконтролер (на кресленні не показано), який комунікаційно з'єднаний з акселерометром, гіроскопом та магнітометром 6, та з датчиками відстані 4, 5, 9, 10.

Мікроконтролер вимірювального блоку включає процесор та блок пам'яті (ОЗП, ПЗП тощо). Блок пам'яті мікроконтролера зберігає програму (прошивку), яка керує роботою вимірювального блоку.

Мікроконтролер після отримання та реєстрації вихідних сигналів, які генеруються вимірювальними датчиками, та їх перетворення в дані значень вимірюваних величин, обчислює, за допомогою фільтру Madgwick, значення прискорення a_x , a_y , a_z , кутової швидкості ω_x , ω_y , ω_z , та вертикальної складової індукції магнітного поля Землі та перетворює їх в дані про кути орієнтації колеса в просторі α , β , γ , для подальшого визначення відстані від центру колеса мобільної машини до датчика відстані та кутів нахилу вертикальної осі колеса мобільної машини.

Мікроконтролер також коригує отримувані з датчиків відстані значення динамічного радіуса колеса залежно від визначеної відстані від центру відповідного колеса 2, 3, 7, 8 мобільної машини до відповідних датчиків відстані 4, 5, 9, 10, та від визначених кутів α поперечного нахилу вертикальної осі колеса мобільної машини, та β поздовжнього нахилу вертикальної осі колеса мобільної машини.

Більш конкретно, мікроконтролер одержує першу сукупність даних значення відстані між горизонтальною віссю центру переднього лівого колеса 2 та ґрунтом 1, яка виміряна переднім лівим датчиком відстані 4, другу сукупність даних значення відстані між горизонтальною віссю центру переднього правого колеса 3 та ґрунтом 1, яка виміряна переднім правим датчиком відстані 5, третю сукупність даних значення відстані між горизонтальною віссю центру заднього лівого колеса 7 та ґрунтом 11, яка виміряна заднім лівим датчиком відстані 9, четверту сукупність даних значення відстані між горизонтальною віссю центру заднього правого колеса 8 та ґрунтом 11, яка виміряна заднім правим датчиком відстані 10, та здійснює корекцію для визначеного або кожного колеса 2, 3, 7, 8 мобільної машини, значення динамічного радіуса переднього лівого колеса мобільної машини r_{kd1} , динамічного радіуса переднього правого колеса мобільної машини r_{kd2} , динамічного радіуса заднього лівого колеса мобільної машини r_{kd3} , динамічного радіуса заднього правого колеса мобільної машини r_{kd4} , залежно від визначеної відстані від центру переднього лівого колеса мобільної машини до переднього лівого датчика відстані Δh_{x1} , відстані від центру переднього правого колеса мобільної машини до переднього правого датчика відстані Δh_{x2} , відстані від центру заднього лівого колеса мобільної машини до заднього лівого датчика відстані Δh_{x3} , відстані від центру заднього правого колеса мобільної машини до заднього правого датчика відстані Δh_{x4} , та значення динамічних радіусів коліс r_{kd1} , r_{kd2} , r_{kd3} , r_{kd4} залежно від визначених кутів α та β нахилу вертикальних осей відповідних коліс мобільної машини.

Пристрій для визначення динамічного радіуса колеса та нахилу мобільної машини працює наступним чином.

Під час руху мобільної машини радіуси коліс 2, 3, 7, 8 динамічно змінюються, що визначається датчиками відстані 4, 5, 9, 10.

Враховуючи кути орієнтації машини в просторі α , β мікроконтролер корегує значення динамічних радіусів коліс r_{kd1} , r_{kd2} , r_{kd3} , r_{kd4} шляхом урахування відстаней Δh_{x1} , Δh_{x2} , Δh_{x3} , Δh_{x4} .

Також мікроконтролер корегує значення динамічних радіусів коліс r_{kd1} , r_{kd2} , r_{kd3} , r_{kd4} враховуючи нахил вертикальних осей коліс мобільної машини в поздовжньому та поперечному напрямках.

Отримані дані про значення відстані між горизонтальною віссю центру коліс 2, 3, 7, 8 та ґрунтом, значення прискорення a_x , a_y , a_z , кутової швидкості ω_x , ω_y , ω_z , вертикальної складової індукції магнітного поля Землі передаються у вигляді сигналу до мікроконтролера, що їх реєструє, та, у вигляді даних, коригує, зберігає у пам'яті мікроконтролера.

Також пристрій здійснює неперервне вимірювання в реальному часі, та передає дані до загальної вимірювальної системи мобільної машини, яка використовує вихідні дані для обчислень здійснюваних вимірювальною системою мобільної машини, здійснює для їх подальшу обробку та аналіз. Як вимірювальна система мобільної машини переважно використовується вимірювальна система яку

Також результати вимірювання можуть в реальному часі відображатись на інформаційному дисплеї (моніторі) в кабіні мобільної машини, та використовуватись, наприклад, водієм мобільної машини для прийняття ним рішень під час керування нею, або дослідником з метою контролю отримуваних результатів тощо.

