



УКРАЇНА

(19) UA (11) 16074 (13) U
(51) МПК (2006)
B60K 6/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

1

2

(21) u200601750

(22) 20.02.2006

(24) 17.07.2006

(46) 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.

(72) Жук Микола Олексійович

(73) Жук Микола Олексійович

(57) Спосіб підвищення стійкості транспортного засобу, що полягає у використанні гіроскопічних властивостей оберткових у жорстко закріплених на ньому вузлах підвіски маховика і ротора двигуна, який **відрізняється** тим, що вектори кутових швидкостей обертання маховика і ротора двигуна спрямовані вправо перпендикулярно до площини симетрії транспортного засобу, а величини цих кутових швидкостей у процесі руху транспортного засобу підтримуються в межах, обумовлених співвідношенням

$$hmv + nI_K \frac{v}{\Omega_K} - \frac{mgkR}{v} < I_M \omega_M + I_D \omega_D < hmv + nI_K \frac{v}{\Omega_K} + \frac{mgkR}{v},$$

де h , m , v – висота центра мас над дорогою, повна маса і швидкість поступального руху транспортного засобу; n – число оберткових коліс; I_K – момент інерції і радіус колеса; g – прискорення сили ваги; k – коефіцієнт, що враховує число точок опори транспортного засобу: $k = a/2$ – для чотириколісного (a – ширина колії), $0 < k < a/2$ – для триколісного в залежності від його центрування і бази, $k = h \cdot \sin \alpha$ – для двоколісного (α – максимальний кут його нахилу від вертикалі, що виключає ковзання коліс); R – радіус повороту транспортного засобу; I_M , ω_M – момент інерції і кутова швидкість обертання маховика; I_D , ω_D – момент інерції і кутова швидкість обертання ротора двигуна.

Корисна модель відноситься до наземних транспортних засобів з комбінованими силовими установками, що складаються з первинних двигунів (електродвигунів і двигунів внутрішнього згоряння чи тільки двигунів внутрішнього згоряння) і засобів акумулювання енергії у вигляді маховиків, зокрема, до розташування цих елементів і вибору режимів їхньої роботи з метою підвищення динамічної стійкості транспортних засобів на поворотах і при заносах.

Як відомо, на повороті дія відцентрової сили приводить до появи перевертаючого моменту, що прагне перевернути транспортний засіб. З метою зниження ризику перевертання транспортного засобу конструктори прагнуть опустити його центр ваги якнайнижче. Однак тут є природні обмеження, перебороти які вищевказаним способом неможливо принципово.

На повороті також можливий занос транспортного засобу, якщо дія відцентрових сил перевищує силу зчеплення його коліс з покриттям дороги.

Усе перераховане вище приводить до визначеного ризику для водіїв і пасажирів транспортних

засобів при їзді по поганій звивистій дорозі з великою швидкістю, що вимагає уживання відповідних заходів обережності, а також оптимізації систем керування.

В останні десятиліття обговорюється можливість використання і розробляються конструкції нагромаджувачів енергії на основі маховиків. Конструктивно на транспортних засобах їх встановлюють у різних положеннях, у тому числі – що зустрічається найбільше часто – і в горизонтальній площині [1].

Однієї з функцій таких нагромаджувачів енергії може бути і підвищення динамічної стійкості транспортних засобів. Однак навіть найпростіший аналіз оберткового в горизонтальній площині маховика показує, що гіроскопічний момент, котрий з'являється при перевертанні транспортного засобу на повороті, спрямований на підйом чи притискання до дороги (у залежності від напрямку обертання маховика) його передньої чи задньої частини, але ніяк не на збереження його горизонтального положення. Тим більше, що обертковий у горизонтальній площині маховик не перешкоджає обертанню

(13) U

(11) 16074

(19) UA

транспортного засобу в тій же площині при заносі. Таким чином, питання використання маховика для підвищення динамічної стійкості транспортного засобу пророблялося явно недостатньо.

Тим часом, використання гіроскопічних властивостей маховика при визначеній його орієнтації і заздалегідь заданій швидкості обертання (тобто заданій величині кінетичного моменту) дозволяє цілком компенсувати дію перевертаючого моменту на повороті і зменшити кутову швидкість обертання транспортного засобу при заносі.

Дійсно, величина гіроскопічного моменту L_M обертового в жорстко закріплених на транспортному засобі вузлах підвіски маховика, вісь якого горизонтальна, визначається формулою [2]

$$L_M = I_M \omega_M \Omega. \quad (1)$$

де I_M , ω_M - момент інерції і кутова швидкість обертання маховика; Ω - кутова швидкість повороту транспортного засобу.

З іншого боку, величина перевертаючого моменту M від дії на транспортний засіб відцентрової сили дорівнює добутку цієї сили на плече її дії [2], тобто визначається рівністю

$$M = h m v \Omega, \quad (2)$$

де h , m , v - висота центра мас над дорогою, повна маса і швидкість поступального руху транспортного засобу.

Якщо маховик розмістити так, щоб його гіроскопічний момент і перевертаючий момент були спрямовані назустріч і чисельно дорівнювали один одному, то транспортний засіб перевертатися не буде. Виявляється також, що при порівнянні прямих частин виражень (1) і (2) кутова швидкість повороту транспортного засобу Ω , що залежить від швидкості його руху і радіуса повороту, скорочується, що в найпростішому випадку робить систему динамічної стабілізації транспортного засобу незалежною від цього радіуса. При цьому потрібна швидкість обертання маховика буде дорівнює

$$\omega_M = \frac{h m v}{I_M}$$

При лівому (правому) повороті вектор перевертаючого моменту спрямований уперед (назад) стосовно напрямку первісного руху транспортного засобу. При лівому (правому) повороті вектор збурюючого моменту, діючого на маховик, спрямований вгору (униз). Відповідно до законів прецесії [2] вектор кінетичного моменту маховика прагне сполучитися з вектором збурюючого моменту. Якщо вектор кінетичного моменту маховика направити вправо, то при лівому (правому) повороті він буде прагнути повернутися вгору (униз), а вектор гіроскопічного моменту при цьому буде спрямований назад (уперед), тобто буде протидіяти перевертаючому моменту.

З іншого боку, якщо при такій схемі розташування маховика транспортний засіб нахилиється на повороті під дією відцентрової сили, то виникаючий при цьому гіроскопічний момент маховика буде сприяти повороту, що сприятливо для водіння цього засобу.

А якщо транспортний засіб починає обертатися в горизонтальній площині при заносі, то вини-

каючий гіроскопічний момент маховика буде врівноважуватися моментом від сили ваги транспортного засобу (якщо в нього більш ніж два колеса, тобто є площа опори) і перевертаючим моментом за рахунок дії відцентрової сили, що у свою чергу буде обмежувати кутову швидкість обертання цього засобу.

Даний спосіб цілком реалізуємий на практиці. Покажемо це на прикладі компенсації перевертаючого моменту, що виникає при повороті транспортного засобу. Нехай висота його центра мас над дорогою дорівнює 1м, повна маса транспортного засобу - 1000кг, швидкість руху - 100км/год (27,8м/с), а момент інерції маховика - 20кг·м² (обід масою 80кг при діаметрі 0,5м). Тоді кутова швидкість його обертання відповідно до формули (3) повинна дорівнювати 1390 1/с (132740б/хв), що цілком досяжна на практиці.

Очевидно, що точно витримати рівність (3) при інтенсивній зміні швидкості руху транспортного засобу дуже проблематично. Але і цілком компенсувати перевертаючий момент немає потреби. Досить компенсувати тільки ту частину, що порушує бічну стійкість засобу на повороті. З іншого боку, якщо маховик розкручений поверх норми, то його енергію можна використовувати для руху транспортного засобу замість енергії двигуна чи разом з енергією двигуна (наприклад, при їзді вгору).

Очевидно також, що маховик не може бути розкручений до таких кутових швидкостей, при яких за рахунок величезного гіроскопічного моменту під час повороту транспортний засіб буде перевертатися убік повороту. Таким чином, існує деякий діапазон можливих кутових швидкостей обертання маховика, при яких транспортний засіб буде залишатися стійким на поворотах.

Для більш точного рішення цієї задачі необхідно врахувати запас стійкості транспортного засобу за рахунок його сили ваги і ширини колії, а також за рахунок інших обертових елементів, гіроскопічні моменти яких можуть впливати на стійкість транспортного засобу на повороті, а саме: ротора двигуна і коліс.

Запас бічної стійкості транспортного засобу визначається його масою t і шириною колії a (якщо в нього більше двох коліс) чи його нахилом (якщо в нього два колеса). Для того, щоб перевернути засіб, потрібно прикласти момент, не менш чим момент запасу стійкості

$$M_y = m g k, \quad (4)$$

де g - прискорення сили ваги; k - коефіцієнт, що враховує число точок опори транспортного засобу: $k=a/2$ для чотириколісного, $0 < k < a/2$ для триколісного в залежності від його центрування і бази, $k = h \cdot \sin \alpha$ для двоколісного (α - максимальний кут його нахилу від вертикалі, що виключає ковзання коліс).

Свій внесок у стійкість транспортного засобу може також вносити й високообертовий ротор двигуна, величина гіроскопічного моменту L_d якого визначається формулою

$$L_d = I_d \omega_d \Omega, \quad (5)$$

де I_D , ω_D - момент інерції і кутова швидкість обертання ротора.

З іншої ж сторони, гіроскопічні моменти обертання коліс при повороті виконують дестабілізуючу роль, тому що спрямовані в ту ж сторону, що і перевертаючий момент від дії на транспортний засіб відцентрової сили. Величина суми цих моментів L_K дорівнює

$$L_K = n I_K \omega_K \Omega, \quad (6)$$

де I_K і ω_K - момент інерції і кутова швидкість обертання колеса; n - число обертів коліс (включаючи здвоєні).

У свою чергу, кутову швидкість обертання колеса ω_K можна виразити (що зручніше для розрахунків) через швидкість поступального руху транспортного засобу і радіус колеса r_K по формулі

$$\omega_K = \frac{v}{r_K}. \quad (7)$$

Якщо двигун розташувати так, щоб вектор кутової швидкості його ротора був спрямований вправо перпендикулярно площини симетрії транспортного засобу, тобто щоб він виконував ті ж функції стабілізації положення засобу, що і маховик, то умова стійкості полягає в тому, щоб сума всіх дестабілізуючих моментів не перевершувала суми моментів, що забезпечують стійкість:

$$n I_K \omega_K \Omega + h m v \Omega < m g k + I_M \omega_M \Omega + I_D \omega_D \Omega. \quad (8)$$

З іншого боку, дії гіроскопічних моментів маховика і ротора двигуна на повороті не повинні привести до перевертання транспортного засобу в протилежну сторону, тобто убік повороту. Для виключення цього повинна дотримуватися друга умова

$$I_M \omega_M \Omega + I_D \omega_D \Omega < m g k + n I_K \omega_K \Omega + h m v \Omega. \quad (9)$$

Тільки з урахуванням виконання обох цих умов можна забезпечити стійкість транспортного засобу на поворотах за рахунок гіроскопічних властивостей (гіромоментів) маховика і ротора двигуна. При цьому кутову швидкість повороту транспортного засобу Ω зручніше виразити через радіус повороту R у виді співвідношення v/R .

Для реалізації вищевказаного пропонується спосіб підвищення стійкості транспортного засобу, що полягає у використанні гіроскопічних властивостей обертів у жорстко закріплених на ньому

вузлах підвіски маховика і ротора двигуна, що відрізняється тим, що вектори кутових швидкостей обертання маховика і ротора двигуна спрямовані вправо перпендикулярно площини симетрії транспортного засобу, а величини цих кутових швидкостей у процесі руху транспортного засобу підтримуються в межах, обумовлених співвідношенням

$$h m v + n I_K \frac{v}{r_K} - \frac{m g k R}{v} < I_M \omega_M + I_D \omega_D < h m v + n I_K \frac{v}{r_K} + \frac{m g k R}{v}, \quad (10)$$

де h , m , v - висота центра мас над дорогою, повна маса і швидкість поступального руху транспортного засобу; n - число обертів коліс; I_K - момент інерції і радіус колеса; g - прискорення сили ваги; k - коефіцієнт, що враховує число точок опори транспортного засобу: $k = a/2$ для чотириколісного (a - ширина колії), $0 < k < a/2$ для триколісного в залежності від його центрування і бази, $k = h \cdot \sin \alpha$ для двоколісного (α - максимальний кут його нахилу від вертикалі, що включає ковзання коліс); R - радіус повороту транспортного засобу; I_M , ω_M - момент інерції і кутова швидкість обертання маховика; I_D , ω_D - момент інерції і кутова швидкість обертання ротора двигуна.

При реалізації вищевказаного способу вхідний у формулу (10) радіус повороту R транспортного засобу може бути заданий деяким мінімальним значенням, а швидкість v - визначатися спідометром. При вирішенні інших питань потрібно керуватися використанням раціонального співвідношення енергії маховика і двигуна. У цілому ж рішення цієї задачі може бути автоматизовано.

Пропонована корисна модель може бути використана для розробки нових конструкцій транспортних засобів зі змішаною енергетикою типу «двигун плюс маховиковий нагромаджувач енергії».

Джерела інформації:

1. Гулиа Н.В., Юрков С.А. «Новая концепция электромобиля». // «Автомобильная промышленность», № 2, 2000.

2. Лойцянский Л.Г., Лурье А. И. «Курс теоретической механики: В 2-х томах. Т. II. Динамика». - Москва: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983, 640с.