

УДК 629.114.2

ВПЛИВ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО МОМЕНТУ ВЕДУЧОГО МОСТУ НА СТАБІЛІЗАЦІЮ ЗАДАНОГО НАПРЯМКУ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

Л.М. Петров, канд. техн. наук, Т.М. Борисенко, інж., В.І. Макарчук, інж.
Одеський державний аграрний університет

Розглянуті питання визначення дотичних перетворень тягового зусилля в опорній поверхні.

Ключові слова: поверхня, колесо, рушій, момент, дотична сила тяги.

Вступ. Багатогранність досліджень з оцінки якості колісних рушіїв, в незначній увазі приділяється питанню забезпечення заданого напрямку руху у відповідних умовах експлуатації автомобілів та тракторів. Тому дослідження факторів які впливають на стабілізацію руху являється актуальними.

Проблема. Для підвищення стабільності заданого напрямку руху тракторів і автомобілів на високих швидкостях, пропонується враховувати горизонтальний реактивний момент.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Експлуатація тягового енергетичного засобу показує, що при незапрограмованих його відхиленнях від заданого напрямку руху усякий поперечний переріз його конструкції повертається відносно заданого напрямку руху (осі Z) як жорсткий брус, при цьому траєкторія руху перетворюється у елементи гвинтової лінії BS , (рис.1), [1, 2].

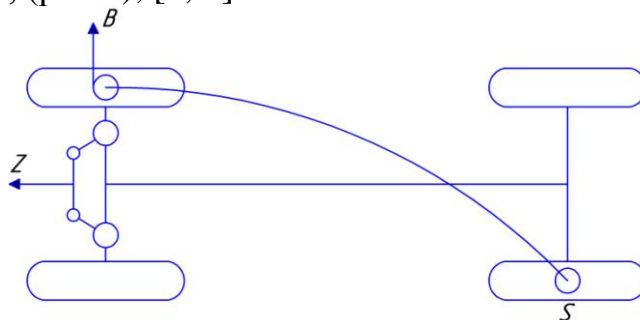


Рис.1. Відхилення від заданого напрямку руху тягово-транспортного засобу.

Імовірно також, що при відхиленні тягового енергетичного засобу від заданого напрямку руху у площині контакту колісних рушіїв з підпірною поверхнею приводять до зсувів та дотичних перетворень тягової сили, величина яких пропорційна підведеному до колісного рушія від енергетичної установки крутного моменту. Заздалегідь визначене значення дотичних перетворень тягового зусилля дає можливість запобігти не програмованому відхиленню тягового транспортного енергетичного засобу

від заданого напрямку руху, створити технологічні карти безпечного руху у конкретних умовах експлуатації тягового енергетичного засобу, оцінити стан підпірної поверхні та якості шини колісного рушія і тип протектора, (рис.2). Для визначення дотичних перетворень тягового зусилля у підпірної поверхні виділимо з неї елементи під правим та лівим колісними рушіями, які назвемо плямою контакту з радіусом r , а довжину відстані між правим та лівим колісними рушіями dx .

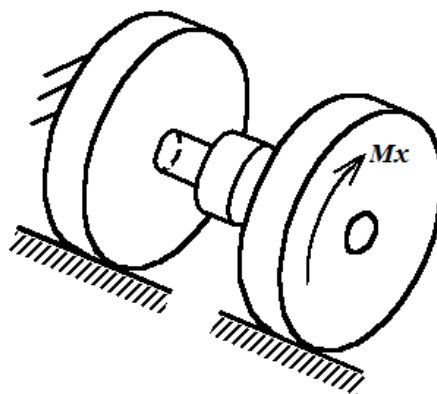


Рис.2. Випередження швидкості обертання одного з колісних рушіїв у площині опору.

Імовірно також, що при випередженні швидкості обертання одного з колісних рушіїв у площині опору, виникають зсуви плями контакту, воно викривлюється та у першому наближенні буде схоже на овал. Розглянемо випадок, коли під дією моменту M_x (рис. 2), підведеного від енергетичної установки одного з коліс, яке має невелике зачеплення з опорною площиною, повертається на кут $d\varphi$, а точка K_1 переходить у положення K_{11} . Одночасно ця точка пересунеться з колесом у напрямку руху транспортного засобу (рис. 3). Через те, що переміщення точки K_1 відбувається по дузі утворюючої колісного рушія, воно завжди перпендикулярне радіусу колеса, тому і інтенсивність дотичної сили тяги P_τ у опорній поверхні плями контакту, яка виникає при зсуві точки K_1 буде також перпендикулярною радіусу.

Мета досліджень: Обґрунтування параметрів та режимів виникнення горизонтального реактивного моменту.

Результати досліджень. При переході точки K_1 у положення K_{11} , утворююча K_1D , яка відповідає базі транспортного засобу, займе положення $K_{11}D$. Кут K_1DK_{11} назвемо кутом зсуву траєкторії, тому що він показує величину змінення кута K_1DN , між базою транспортного засобу і напрямом траєкторії його руху у процесі відхилення від заданого прямолінійного руху. Враховуючи невелике значення величини $d\varphi$ та величину ширини між колісними рушіями dx , можна записати, що випередження колісного рушія, який обертається швидше, буде

$$K_1K_{11} = \gamma \cdot dx, \quad (1)$$

де γ – кут відносного зсуву.

З другого боку ця відстань буде

$$K_1 K_{11} = r \cdot d\phi. \quad (2)$$

Тому

$$\gamma \cdot dx = r \cdot d\phi. \quad (3)$$

або

$$\gamma = (d\phi / dx) \cdot r. \quad (4)$$

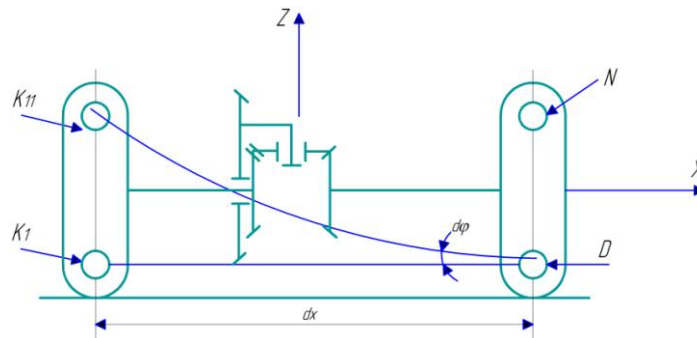


Рис.3. Визначення дотичних перетворень тягового зусилля в опорній поверхні.

Через те, що при пересуванні тягового транспортного засобу ступінь реалізації дотичної сили тяги на колісних рушіях буде характеризуватися інтенсивністю її прикладення у плямі контакту з опорною поверхнею, можливо впровадити закон на пересування транспортного засобу, який математично виглядає так:

$$P_\tau = I \cdot \gamma, \quad (5)$$

де I – коефіцієнт пропорційності, який характеризує фізико-механічні характеристики опорної поверхні та колісного рушія у межах пружної деформації останнього.

Коефіцієнт I будемо визначати при навантаженні колісного рушія на різноманітних опорних поверхнях у межах пружних деформацій колісного рушія. Через те що, величина відносного зсуву γ є величина безрозмірна, коефіцієнт I вимірюємо у тих одиницях, що й інтенсивність розподілення дотичної сили тяги P_τ , тобто у паскалях чи мегапаскалях.

З виразу (5) випливає, що

$$\gamma = \frac{P_\tau}{I}. \quad (6)$$

Таким чином чим більший коефіцієнт I для даного колісного рушія та типу опорної поверхні, тим менше γ при одній і тій ж інтенсивності дотичної сили тяги, тобто спостерігається більш жорстка робота колісного рушія.

З рівнянь (4) та (6) маємо

$$\frac{P_\tau}{I} = (d\phi / dx) \cdot r. \quad (7)$$

або

$$P_\tau = I \cdot \left(\frac{d\phi}{dx} \right) \cdot r. \quad (8)$$

Формула (8) визначає інтенсивність дотичної сили тяги, яка виникає у зоні контакту колісного рушія з опорною поверхнею при повороті першого на кут $d\phi$ чи утворенні кута γ .

Позначимо

$$L = I \cdot \left(\frac{d\phi}{dx} \right), \quad (9)$$

де L – величина постійна для даної опорної поверхні, конструкції ходової частини трансмісії проектуемого транспортного засобу, тоді

$$P_{\tau} = L \cdot r. \quad (10)$$

З формули (10) випливає, що P_{τ} у межах пружності колісного рушія розподіляється за лінійним законом.

У фронтальній площині

$$KK_1 = \gamma \cdot dx.$$

або

$$KK_1 = r \cdot d\phi,$$

де γ – кут зсуву коліс одне від одного;

KK_1 – довжина утворюючої на відстані зсуву плями контакту;

$d\phi_1$ – кут повороту колісного рушія на плямі контакту.

З метою відтворення умови побудови дотичної сили тяги (рис. 4. а, б) виділимо під колісними рушіями окремих колесний елемент (Рис. 1.4. а), який під дією крутячого моменту та кінематики колісних рушіїв обертається біля точки O , при цьому утворююча K_2K_{21} (рис. 4. б), буде дорівнювати утворюючої KK_1 .

Маємо:

$$K_2K_{21} = R \cdot d\phi_1 = r \cdot d\phi = K_1K_{11}. \quad (11)$$

У рівнянні (3) замінимо праву частину:

$$\gamma \cdot dx = R \cdot d\phi_1, \quad (12)$$

де R – умовний радіус опорної поверхні, яка обертається, звідки

$$\gamma = R \cdot d\phi_1 / dx. \quad (13)$$

З рівняння (6) маємо:

$$\frac{P_{\tau}}{I} = R \cdot \frac{d\phi_1}{dx}. \quad (14)$$

$$P_{\tau} = I \cdot R \cdot \frac{d\phi_1}{dx}. \quad (15)$$

Отже, дотична сила тяги як на опорній поверхні (утворююча K_2K_{21}), так і на колісному рушії (утворююча K_1K_{11}) може бути визначена як

$$P_{\tau} = I \cdot R \cdot \frac{d\phi}{dx} = I \cdot \frac{d\phi_1}{dx}, \quad (16)$$

де r – радіус колісного рушія.

Інтенсивність дотичної сили тяги буде змінюватись по прямолінійному закону, а сама дотична сила тяги може бути реалізована і за межами колісного рушія. Рівняння (6) дозволяє створювати нові підходи до конструктивної побудови колісного рушія. При створенні реальних умов

пересування тягового транспортного засобу, тобто коли опорна поверхня (рис.3) не може обертатись навколо точки O , інтенсивність розподілення дотичної сили тяги на колісних рушіях буде мати вигляд (рис.5).

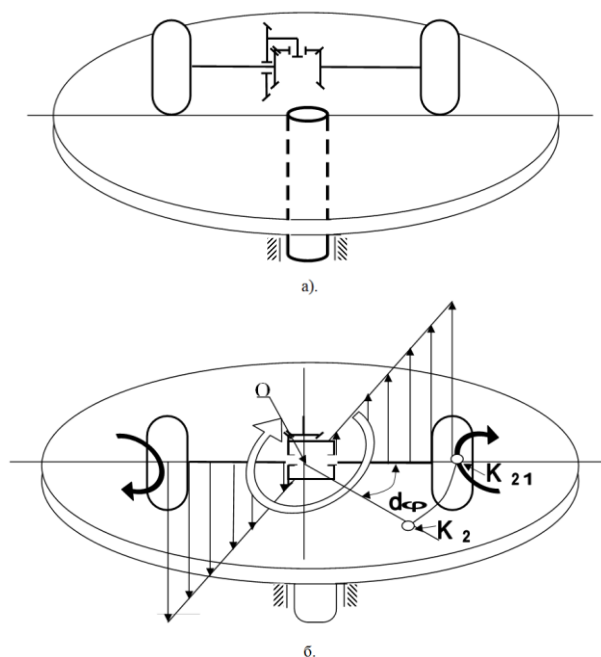


Рис.4. Відтворення умови побудови дотичної сили тяги.

Тягово-транспортний засіб рухається в результаті дії на нього різноманітних сил, які можна поділити на сили, які сприяють його руху, та сили, які чинять опір його руху. Основною силою, яка сприяє руху тягово-транспортного засобу, є тягова сила, прикладена до ведучих коліс. Тягова сила або дотична сила тяги виникає у результаті роботи енергетичного пристрою тягово-енергетичного засобу, який перетворює хімічну енергію палива у механічну роботу, та викликана взаємодією ведучих коліс з опорною поверхнею.

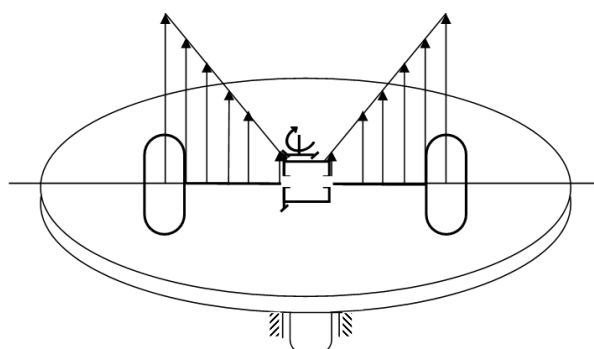


Рис.5. Реальні умови пересування тягово-транспортного засобу.

При інтенсивному навантаженні колісних рушіїв дотичною силою тяги має місце навантаження колісних рушіїв реактивним моментом M_p (рис. 6). Для реалізації оптимального значення дотичної сили тяги (рис. 5), пропонується схема підключення колісних рушіїв до енергетичної установки (рис. 7). До сил опору відносять силу тертя у трансмісії, силу опору дороги та силу опору повітря. Відпрацюємо методику, коли

зовнішні сили приводяться до сили опору та парі сил, які утворюють момент. Тоді для виконання робочого процесу тягово-транспортним засобом прикладемо до колісних рушіїв дотичну силу тяги та реактивний момент у горизонтальній площині.

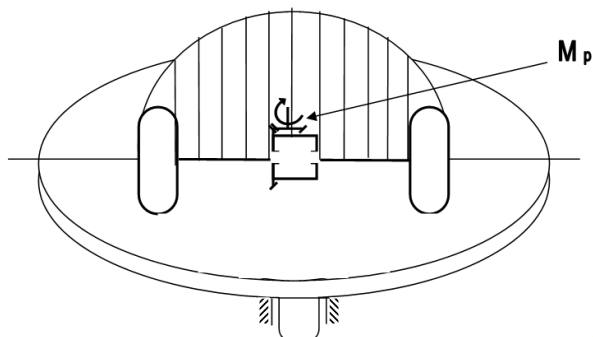


Рис.6. Розподілення реактивного моменту у горизонтальній площині.

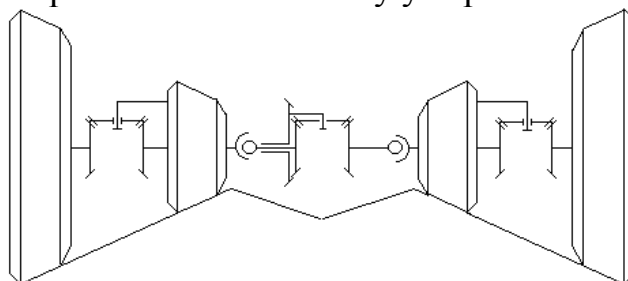


Рис.7. Оптимальна реалізація колісними рушіями тягового зусилля.

Розглянемо опорну поверхню між колісними рушіями і виділимо безкрайньо малої довжини елемент dx . На цій довжині тягово-транспортний засіб повинен знаходитись у рівновазі під дією частини опорного навантаження з інтенсивністю P_0 , яку по довжині dx будемо рахувати постійною (рис. 8), а також дотичних сил тяги на лівому та правому колісних рушіях P_k , P_{k1} і реактивних моментах M , M_1 у горизонтальній площині, які сприяють стабілізації заданого напрямку руху.

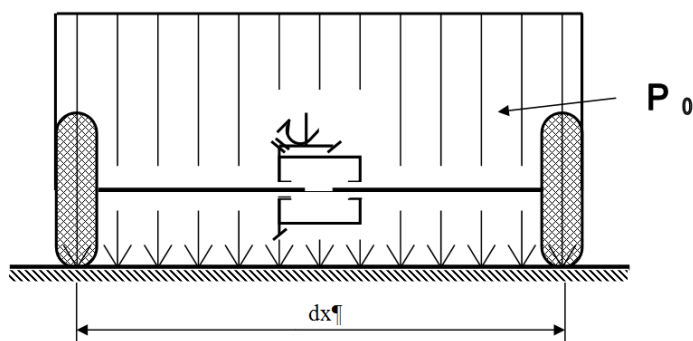


Рис.8. Опорне навантаження на колісні рушії тягово-транспортного засобу. Відзначимо, що

$$P_{k1} = P_k + dP_k, \quad (17)$$

$$M_1 = M + dM, \quad (18)$$

де dP_k та dM – безкрайньо малі величини дотичної сили тяги та реактивного моменту.

Умова безвідхиленого руху тягово-транспортного засобу на ділянці dx запишеться:

$$\sum Z = 0; \quad P_k + P_o \cdot dx - (P_k + d \cdot P_k) = 0, \quad (19)$$

$$\sum M_z = 0; \quad M + P_k \cdot dx + P_o \cdot dx \cdot \frac{dx}{2} - (M + dM) = 0, \quad (20)$$

З першого рівняння (19) одержимо:

$$P_o \cdot dx - dP_k = 0, \quad (21)$$

звідкіля:

$$\frac{dP_k}{dx} = P_o. \quad (22)$$

Тобто похідна від дотичної сили тяги по осі колісних рушіїв дорівнює інтенсивності опорного навантаження на тягово-транспортний засіб у плямі контакту з опорною поверхнею. З другого рівняння (20), нехтуючи безкрайньо малими другого порядку, одержимо:

$$P_k \cdot dx - dM = 0, \quad (23)$$

тоді

$$\frac{dM}{dx} = P_k. \quad (24)$$

Таким чином, похідна від реактивного моменту по осі колісних рушіїв тягово-транспортного засобу дорівнює дотичній силі тяги. Візьмемо похідну від обох частин рівняння (24) та одержимо

$$\frac{d^2M}{dx^2} = \frac{dP_k}{dx} \quad (25)$$

інакше

$$\frac{d^2M}{dx^2} = P_o. \quad (26)$$

Тобто, друга похідна від реактивного моменту по осі колісного рушія дорівнює інтенсивності опорного навантаження. Одержані залежності можуть бути використані при конструюванні тягово-транспортного засобу. Це видно з того, що похідна функції геометрично уявляє собою тангенс кута нахилу, який утворюється з віссю колісних рушіїв, дотичної у даній точці кривої (рис. 6) реактивного моменту, тобто дотична сила тяги у повздовжньому напрямку може розглядатися як тангенс кута нахилу дотичної до кривої реактивного моменту у горизонтальній площині (рис. 6). З рівняння (23) видно, коли інтенсивність опорного навантаження

$$\begin{aligned} P_o &= 0, \\ P_k &= P_{k \max}, \end{aligned} \quad (27)$$

то дотична сила тяги

$$P_k = P_{k \min}. \quad (28)$$

Рівняння (24) видно, що реактивний момент досягає максимуму в тому випадку, коли $P_k = \frac{dM}{dx} = 0$, тобто дотична сила тяги проходить через O .

Висновки. Встановлено наявність горизонтального реактивного моменту при тимчасовій втраті одним з ведучих рушіїв дотичної сили тяги. Горизонтальний реактивний момент досягає максимуму в тому випадку, коли епюра дотична сила тяги проходить через O .

ЛІТЕРАТУРА

1. Петров Л.М. Теорія транспортного засобу з імпульсно-силовою підтримкою. // Аграрний вісник Причорномор'я. зб. наук. праць. -Одеса, 2006, №34.-С.57-59.

2. Олійник М.І. Експериментальні випробування планетарно-колісного рушія//Наук. Вісник УкрДЛТУ: Зб. наук техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2004, вип. 14.3. - С. 155-161.

3. Петров Л.М., Земляк В.В. Елементи теорії гравітаційного підвищення тягових можливостей трактора «Гравіметр». // Аграрний вісник Причорномор'я. зб. наук. праць.-Одеса, 2007, №40.-С.89-92.

4. Петров Л.М. Теорія колісного рушія з гнучким бандажем і динамікою навантаження гравітаційною складовою. // Аграрний вісник Причорномор'я. зб. наук. праць.-Одеса, 2010, №49.

ВЛИЯНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО МОМЕНТА ВЕДУЩЕГО МОСТА НА СТАБИЛИЗАЦИЮ ЗАДАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Петров Л.Н., Борисенко Т.Н., Макаrchук В.И.

Ключевые слова: поверхность, колесо, движитель, момент, касательная сила тяги.

Резюме

Рассмотрены вопросы определения касательных преобразований тягового усилия в опорной поверхности.

THE INFLUENCE OF THE HORIZONTAL REACTION MOMENT AXLE TO STABILIZE THE PREDETERMINED DIRECTION OF TRAVEL

Petrov L.N., Borisenco T.N., Makarchuk V.I.

Key words: surface, wheel, mover, moment, tangential traction.

Summary

Questions of definition of tangent transformations traction in the support surface.