

Борисюк Д. В.

Яцковський В. І.

*Вінницький
національний
аграрний університет*

Borisyuk D. V.

Yatskovskyy V. I.

*Vinnitsia National
Agrarian University*

УДК 629.114.2.001.2(075.8)

СТІЙКІСТЬ РУХУ КЕРОВАНИХ КОЛІС ТРАКТОРІВ

В даній статті пропонується розглянути вплив коливання коліс на стійкість руху трактора. Представлено причини, що викликають коливання керованих коліс, розрахункову схему керованого моста колісного трактора і послідовність визначення частоти коливань моста трактора. Розглянуто фізичну сутність процесів, що відбуваються при автоколиваннях керованих коліс трактора.

Ключові слова: вимушені коливання, автоколивання, дисбаланс, стійкість руху, колесо, керований міст, трактор.

Вступ. Значний обсяг перевезень сільськогосподарських вантажів здійснюється колісними тракторами в агрегаті з причепами. В даний час на внутрішньогосподарських перевезеннях частка тракторних поїздів становить близько 60% загального обсягу перевезень по масі перевезених вантажів і приблизно 30% вантажообігу. Розподіл річного завантаження колісних тракторів за видами робіт показує, що понад 50% загального часу їх використовують на транспортних роботах.

Експлуатаційні показники сільськогосподарських тракторів і складених на їх базі машинно-тракторних агрегатів, зокрема показники, що характеризують якість виконання різних технологічних операцій, знаходяться в залежності від стійкості їх руху [1, 2].

Нерівномірність обробки ґрунту, наявність похибок і перекриттів оброблюваних площ, глибоких борозен і високих звальних гребенів, неповне знищення бур'янів в міжряддях, пошкодження і засипання культурних рослин у рядках є, як правило, наслідком порушення стійкості руху трактора та інших ланок машинно-тракторного агрегату. Усунення цих небажаних явищ, які супроводжують роботу агрегату, може бути досягнуто шляхом вибору раціональних значень параметрів його ланок для заданих умов руху [1, 2].

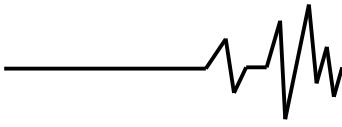
Основна частина. На стійкість руху трактора непрямий вплив здійснюють коливання коліс. Найбільш схильні до коливань керовані колеса, так як вони мають у порівнянні з некерованими додатковий ступінь вільності - поворот навколо шворня. Крім того, керовані колеса пов'язані між собою рульовою трапецією, що піддається демпфуванню і має зазори [1].

Причинами, що викликають коливання керованих коліс, можуть бути їх наїзди на нерівності, дисбаланс коліс і наявність подвійного зв'язку з остовом трактора через систему рульового управління і кріплення балки керованого моста.

При наїзді колеса на нерівність виникає реакція, що створює момент відносно осі шворня, що призводить до повороту керованих коліс на деякий кут. Цьому повороту протидіють сили зчеплення колеса з дорогою, пружність і тертя в рульовому управлінні, гіроскопічні моменти, що утворюються в процесі зміни положення коліс і балки керованого моста.

Внаслідок того, що керований міст є коливальною системою при дії на нього періодичних або випадкових збурень виникають коливання його мас. Амплітуда коливань залежить від амплітуди збурення і власних коливань і характеру загасання коливань в системі. Найбільша інтенсивність коливань має місце тоді, коли частота збурення близька до частоти власних коливань (резонансна зона).

Дисбаланс обертового колеса призводить до появи відцентрової сили, яку можна розкласти на дві складові. Перша з них спрямована уздовж горизонтальної осі, розташованої в площині обертання колеса, і вона намагається повернути колесо відносно осі шворня, а друга вертикальна складова намагається нахилити його в поперечно-вертикальній площині. В обох випадках виникають гіроскопічні моменти, протидіючі поворотам колеса. У процесі кочення колеса значення і напрямки складових відцентрової сили змінюються, тому колесо здійснює складні рухи в просторі. При коливаннях коліс навколо шворнів може виявитися, що сили від невірноважених мас будуть діяти в одній



площині з керованим мостом, але спрямовані в протилежні сторони. Тоді виникають коливання моста разом з колесами у вертикальній площині і коливання коліс навколо шворнів.

Колівання коліс може відбуватися також внаслідок того, що радіальна (нормальна) жорсткість шин по окружності виявляється неоднаковою. При коченні такої шини колесо починає колитися у вертикальній площині. Подібні коливання, що здійснюються внаслідок зміни параметрів коливальної системи (в даному випадку радіальної жорсткості шини), називають параметричними. Однак амплітуди параметричних коливань коліс невеликі зважаючи на наявність внутрішнього тертя і відносно невеликої зміни жорсткості шини.

У деяких умовах можуть виникнути коливальні процеси в системі рульового управління з гідропідсилювачем. При цьому змінні зусилля передаються на керовані колеса, викликаючи також їх коливання.

Зазначені причини можуть призводити до кутових переміщень коліс, які при хаотичному характері називають вилянням, а при закономірному - коливанням. При коливаннях

колес виникають додаткові сили, які можуть передаватися на остов і викликати його коливання. Однак ці коливання остова здійснюються з малими амплітудами і практично не позначаються на характеристиках руху трактора. Якщо при коливаннях коліс виникає їх проковзування по опорній поверхні, то може змінюватися напрямок руху трактора, тобто погіршується стійкість руху і керованість трактора.

Керований міст універсально-просапних тракторів являє собою динамічну систему, що включає маси, пов'язані пружними елементами: шинами, ресорами, рульовими тягами (рис. 1). При русі трактора можливі наступні переміщення мас моста: вертикальне в вертикально-поперечній площині; кутове переміщення в вертикально-поперечній площині; кутове переміщення коліс відносно шворней в горизонтальній площині. Найбільший вплив на керованість і стійкість трактора здійснюють кутові коливання балки моста з колесами по координаті ψ і кутові коливання коліс по координаті α [1].

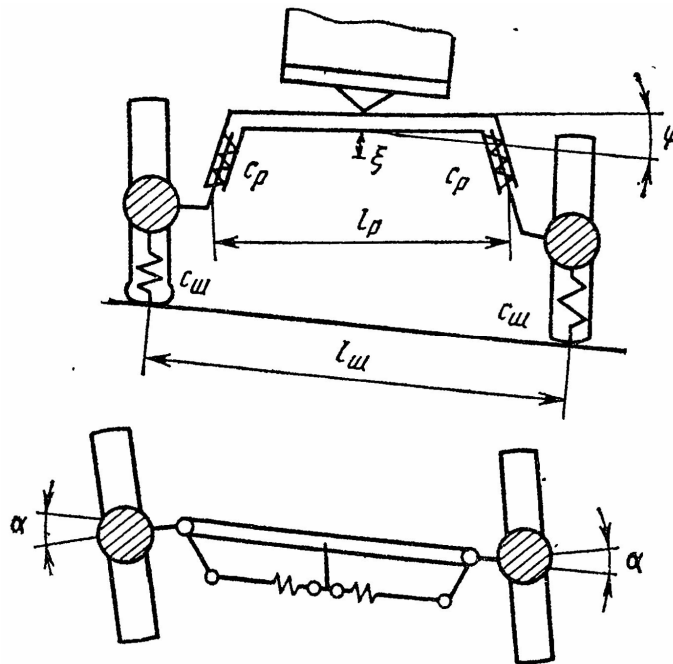


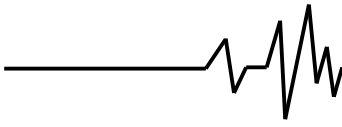
Рис. 1. Розрахункова схема керованого моста колісного трактора

Однією з характеристик динамічних систем є частоти власних коливань. Частота власних кутових коливань керованого моста трактора в вертикально-поперечній площині [1]:

$$\omega_{\psi} = \sqrt{c_{\psi} / J_{\psi}}, \quad (1)$$

де ω_{ψ} – частота власних коливань; c_{ψ} – коефіцієнт кутової жорсткості; J_{ψ} – момент інерції моста відносно осі гойдання.

Коефіцієнт кутової жорсткості підвіски коліс в вертикально-поперечній площині [1]:



$$c_{\psi} = \frac{1}{2} \cdot (c_p \cdot l_p^2 + c_{ш} \cdot l_{ш}^2) \quad (2)$$

де $c_p, c_{ш}$ – коефіцієнти жорсткості відповідно ресори і шини; $l_p, l_{ш}$ – відповідно ресорна база і колія моста.

Тоді

$$\omega_{\psi} = \sqrt{\frac{c_p \cdot l_p^2 + c_{ш} \cdot l_{ш}^2}{2 \cdot J_{\psi}}} \quad (3)$$

Отже, при зниженні жорсткості ресор і шин, а також збільшенні моменту інерції керованого моста частота його власних коливань в вертикально-поперечній площині зменшується.

Частота власних коливань коліс відносно осей шворнів (вильяння) може бути знайдена за виразом (1).

Автоколивання керованих коліс викликають великі динамічні навантаження на деталі рульового управління, інтенсивне зношування шин і призводять до втрати трактором керованості і стійкості руху. Однією з основних причин виникнення автоколивань керованих коліс є наявність гіроскопічного зв'язку між кутовими коливаннями балки керованого моста в поперечній площині і поворотом коліс цього моста відносно шворней.

Розглянемо фізичну сутність процесів, що відбуваються при автоколиваннях керованих коліс. При русі трактора його колеса можна розглядати як обертові гіроскопи. При випадковому повороті керованих коліс навколо шворнів на кут α (див. рис. 1) виникає гіроскопічний момент $M_{Г1}$ [1]:

$$M_{Г1} = J_k \cdot \omega_k \cdot \dot{\alpha}, \quad (4)$$

де J_k, ω_k – відповідно момент інерції і кутова швидкість колеса.

Під дією цього моменту керований міст повернеться у вертикальній площині на кут ψ , а в горизонтальній, площині з'явиться гіроскопічний момент $M_{Г2}$ [1]:

$$M_{Г2} = J_k \cdot \omega_k \cdot \dot{\psi}, \quad (5)$$

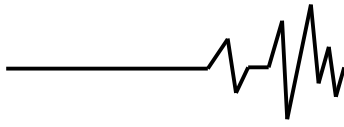
який збільшує кут повороту керованих коліс. Таким чином, поворот керованих коліс викличе прецес балки керованого моста, який в свою чергу збільшує поворот керованих коліс.

Внаслідок повороту моста у вертикальній площині динамічний радіус одного з коліс зменшиться, а іншого - збільшиться. У першому випадку поздовжня реакція опорної поверхні збільшується, оскільки зростає сила опору коченню і зменшується радіус кочення колеса. Збільшення поздовжньої реакції при зменшенні радіуса кочення колеса пояснюється тим, що при постійній швидкості руху трактора із зменшенням радіуса кочення колеса повинна збільшитися його кутова швидкість, тобто воно повинно отримати кутове прискорення. Зміна дотичних реакцій опорної поверхні призводить до появи додаткового моменту, який повертає керовані колеса в горизонтальній площині, а внаслідок гіроскопічного зв'язку і у вертикальній площині на деякий кут. При цьому відбувається додаткова деформація рульового приводу, підвіски і шин. Коли повертаючий момент стає рівним моменту опору, кутова швидкість повороту моста у вертикальній площині дорівнює нулю, і колеса починають рух у бік положення рівноваги. Оскільки в пружних елементах підвіски і рульовому приводі відбулося накопичення потенційної енергії, міст проходить положення рівноваги і відбувається поворот колеса в протилежну сторону при одночасному зменшенні його радіуса. Це в свою чергу призводить до появи моменту опору, який повертає в ту ж сторону керований міст. Після того як момент опору стає рівним моменту пружних сил в підвісці, шинах і рульовому приводі, процес повторюється. Отже, при автоколиваннях керованих коліс виникає змінний за значенням і напрямком опір, що підтримує коливання коліс на певному рівні.

При розрахункових дослідженнях автоколивань приймають такі припущення: підресорена маса трактора коливань не здійснює; трактор рухається з постійною швидкістю; вертикальні і кутові переміщення моста у вертикальній площині не зв'язані; рульове колесо в процесі коливань коліс нерухоме, а коливання коліс навколо шворнів відбуваються внаслідок пружності рульового управління.

Висновок

Встановлено, що при зменшенні жорсткості підвіски, шин і приводу, збільшенні мас коліс, збільшенні швидкості руху трактора зростає амплітуда коливань коліс. Оскільки явище автоколивань керованих коліс викликано гіроскопічним зв'язком кутових коливань моста в вертикально-поперечній площині, усунення цього небажаного явища забезпечується застосуванням таких типів підвісок, в яких



деформація пружних елементів не призводить до зміни положення площини обертання коліс.

Таким чином, конструктивні особливості керованого моста універсально-просапних тракторів і умови експлуатації можуть викликати коливання керованих коліс, які потім підтримуються завдяки енергії тракторного двигуна, погіршуючи керованість і стійкість руху трактора.

Список використаних джерел

1. Гуськов В. В. Тракторы: Теория. Учебник для студентов вузов по спец. «Автомобили и тракторы» / В. В. Гуськов, Н. Н. Велев, Ю. Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В. В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
2. Скотников В. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В. А. Скотников, А. А. Маценский, А. С. Солонский. Под ред. В. А. Скотникова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 383 с.

Список джерел в транслітерації

1. Guskov V.V. Traktory: Teoriya. Uchebnik dlya studentov vuzov po spets. «Avtomobili i traktory» / V. V. Guskov, N.N. Velev, Yu.Ye. Atamanov i dr.; Pod obshch. red. V.V. Gus'kova. – М.: Mashinostroyeniye, 1988. – 376 s.
2. Skotnikov V.A. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya / V.A. Skotnikov, A.A. Mashchenskiy, A.S. Solonskiy. Pod red. V.A. Skotnikova. – М.: Agropromizdat, 1986. – 383 s.

УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС ТРАКТОРОВ

Аннотация. В данной статье предлагается рассмотреть влияние колебания колес на устойчивость движения трактора. Представлено причины вызывающие колебания управляемых колес, расчетную схему управляемого моста колесного трактора и последовательность определения частоты собственных угловых колебаний моста трактора. Рассмотрено физическую сущность процессов, происходящих при автоколебаниях управляемых колес трактора.

Ключевые слова: вынужденные колебания, автоколебания, дисбаланс, устойчивость движения, колесо, управляемый мост, трактор.

STABILITY OF MOVEMENT OF TRACTOR STEERING WHEEL

Annotation. In this article proposes to consider the impact of fluctuations on the stability of the wheels of the tractor. Presented reasons causing fluctuations steered wheels, the steering axle design scheme wheel tractor and determine the sequence of the frequency of natural oscillations of the angular bridge tractor. The physical nature of the processes occurring in the self-oscillations of the steered wheels of the tractor.

Key words: forced vibrations, oscillations, imbalances, stability of movement, wheel, steering axle, tractor.