

УДК 630*7: 630*31

Л.М. Дацюк, В.А. Сай, С.Ф. Юхимчук, Т.Л. Дацюк

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ НА ТРЕЛЮВАЛЬНИЙ ЛІСУ

У статті зчіпні та швидкісні властивості тракторів загального призначення для лісозаготівельного використання показано шляхом розгляду взаємодії приводних коліс з ґрунтом. Складено схеми взаємодії. Запропоновано варіант заміни спеціальної лісозаготівельної техніки колісними тракторами.

Л.М. Дацюк, В.А. Сай, С.Ф. Юхимчук, Т.Л. Дацюк

АНАЛИЗ СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НА ТРЕЛЕВКЕ ЛЕСА

В статье сцепные и скоростные свойства тракторов общего назначения для лесозаготовительного использования показано путем рассмотрения взаимодействия приводных колес с грунтом. Составлены схемы взаимодействия. Предложен вариант замены специальной лесозаготовительной техники колесными тракторами.

L. Datsiuk, V. Say, S. Yuhymchuk, T. Datsiuk

ANALYSIS OF THE COUPLING PROPERTIES OF WHEELED TRACTORS WHEN USED FOR HAULING FOREST

In the article coupling and speed properties of General-purpose tractors for logging use is shown by considering the interaction of drive wheels with the ground. The schemes of interaction are made. The proposed replacement of the special logging equipment wheel tractors.

Постановка проблеми. Для трелювання лісу не всі лісогосподарські підприємства мають можливість використовувати новітню спеціальну техніку, тому в технологічному ланцюжку заготівлі лісу потрібна раціональна заміна транспортних засобів на можливо доступні. Колісні трактори загального призначення доступні, але не мають відповідної прохідності у важких умовах бездоріжжя. Тому потрібно дослідити взаємодію приводних коліс з ґрунтом і досягнути покращення зчіпних і швидкісних властивостей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З літературного огляду встановлено, що є варіанти покращення прохідності транспортних засобів [3, 5]. Покращення виконується шляхом встановлення: ланцюгів, зачеплених через певну відстань на шині приводного колеса; ґрунтозачепів, накладних на суцільному металевому диску або накладних на шину, при цьому шарнірно з'єднаних між собою; здвоєних шин або легких еластичних бандажних гусениць. Такі вдосконалення, можливо, будуть достатніми, щоб зробити заміну спеціальної лісогосподарської техніки колісними тракторами загального призначення.

Мета дослідження полягає у розгляді можливої заміни спеціальних машин у технологічному ланцюжку заготівлі лісу колісними тракторами загального призначення; дослідженні зчіпних властивостей колісних тракторів під час транспортування лісосировини у важких умовах бездоріжжя шляхом розгляду схем взаємодії приводних коліс з ґрунтом.

Результати дослідження. Лісозаготівельним підприємствам для забезпечення перевезень лісосировини під час заготівлі та вивозу на пункти зберігання і переробки потрібні відповідні транспортні засоби [1]. Щоб виконати поставлену задачу, можна використати, крім спеціальної техніки, колісні трактори загального призначення. Колеса в тракторах використовують для забезпечення переміщення, вони рухаються під дією прикладеної до них пари сил, створюючи крутний момент [4]. Колеса тракторів обладнані пневматичними шинами. Застосування шин дозволяє: підвищити швидкість руху агрегату, продуктивність, понизити тяговий опір завдяки зменшенню деформації ґрунту, зменшити дію вібрацій, пом'якшити удари.

Щоб більш повно описати обертання колеса, потрібно врахувати швидкості точок колеса. Під час кочення колеса його точки беруть участь у двох видах руху [2]: переносному разом з віссю трактора, що здійснюється із швидкістю v_x , і відносному – відносно осі колеса (рис. 1). Абсолютна швидкість будь-якої точки, наприклад, точки А, може бути знайдена складанням цих швидкостей:

$$\vec{v}_A = \vec{v}_x + \vec{v}_{0A}, \quad (1)$$

де v_{0A} – швидкість переміщення точки A відносно осі колеса.

Відносна швидкість точки A направлена по дотичній до колеса

$$v_{0A} = \omega_e r_c, \quad (2)$$

де ω_e – кутова швидкість обертання колеса; r_c – вільний радіус колеса.

$$r_c = 0,5D_s,$$

де D_s – зовнішній діаметр колеса.

Через прийняте допущення про недеформованість в тангенціальному напрямі протектора колеса таку ж швидкість матимуть всі точки, які належать протектору (наприклад, точка B , що знаходиться в контакті з опорною поверхнею). Оскільки в зоні контакту вектори відносної і абсолютної швидкостей розташовуються на одній прямій, абсолютна швидкість точок шини, що знаходяться в зоні контакту,

$$v_s = v_x - v_{0B} = v_x - v_{0A}. \quad (3)$$

Поступальну швидкість осі колеса v_x можна виразити через його кутову швидкість:

$$v_x = \omega_e r_e, \quad (4)$$

де ω_e – кутова швидкість колеса;

r_e – радіус кочення колеса.

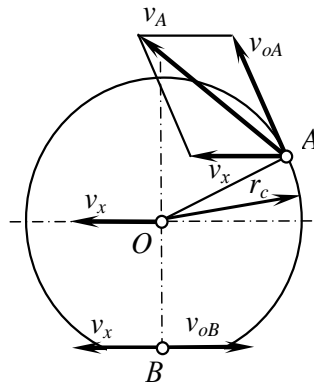


Рис. 1. Схема до розрахунку швидкості колеса

Згідно з рис. 1, швидкість точки B (швидкість v_s) можна розглядати як швидкість ковзання елементів шини щодо опорної поверхні. Відповідно до прийнятих позначень

$$v_s = \omega_e (r_e - r_c). \quad (5)$$

Звідси витікає, що при $r_e = r_c$ колесо котиться без ковзання. Якщо $r_e > r_c$, швидкість ковзання позитивна і її напрям співпадає з напрямом поступальної швидкості колеса (колесо рухається юзом). При $r_e < r_c$ швидкість ковзання негативна і направлена убік, протилежний вектору поступальної швидкості центра колеса (колесо рухається з буксуванням).

На рис. 2 показані плани швидкостей для розглянутих трьох випадків кочення колеса. З рисунка виходить, що радіус кочення є відстанню від центра колеса до його миттєвого центра обертання O_i і залежно від режиму руху може змінюватися від нуля (буксуюче колесо при нерухомому тракторі) до безкінечності (заблоковане колесо при рухомому тракторі).

Швидкість плоскопаралельного руху осі колеса можна знайти за виразом

$$v = v_x \pm v_s, \quad (6)$$

де знак мінус приймається, якщо колесо є ведучим, а плюс – веденим або гальмуючим.

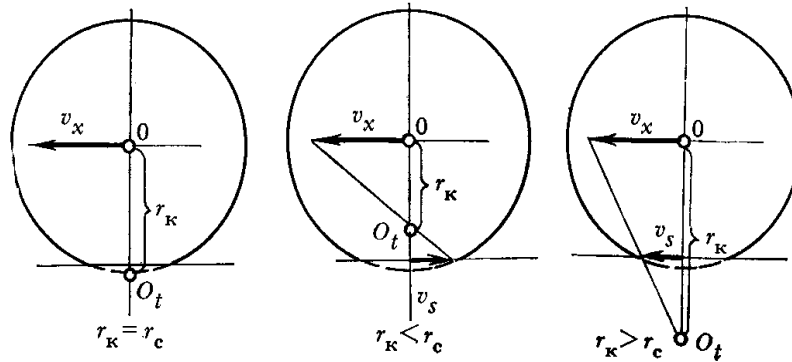


Рис. 2. Положення миттєвих центрів обертання колеса

Ковзання колеса зручно характеризувати коефіцієнтом ковзання s . У ведучому режимі:

$$s = \frac{r_{\bar{n}} - r_{\bar{e}}}{r_{\bar{n}}}; \tag{7}$$

у гальмівному режимі:

$$s = \frac{r_{\bar{e}} - r_{\bar{n}}}{r_{\bar{e}}}. \tag{8}$$

Коефіцієнт ковзання може змінюватися від нуля до одиниці. Так, при ведучому і гальмівному режимах за відсутності ковзання ($r_{\bar{e}} = r_{\bar{n}}$) коефіцієнт ковзання рівний нулю, а при повному ковзанні – одиниці. При ведучому режимі повне ковзання буде при буксуючому колесі і нерухомому автомобілі ($r_{\bar{e}} = 0$), а при гальмівному режимі – у разі руху колеса юзом ($r_{\bar{e}} = \infty$).

На рис. 3 наведений графік залежності коефіцієнта поздовжньої сили k_x від коефіцієнта ковзання s . При певному значенні коефіцієнта ковзання (0,1...0,15) поздовжня реакція дороги досягає максимального значення. Робота колеса на цій ділянці є стійкою: при збільшенні передавального моменту зростає і поздовжня реакція дороги.

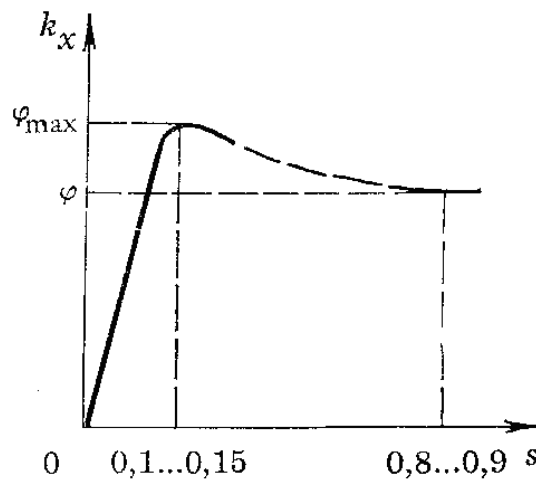


Рис. 3. Характерна залежність коефіцієнта поздовжньої сили k_x від коефіцієнта ковзання s

При подальшому збільшенні крутного моменту починають ковзати всі точки колеса в зоні контакту його з дорогою. Це супроводжується зменшенням поздовжньої складової реакції дороги і коефіцієнта поздовжньої сили колеса, оскільки визначним стає тертя ковзання, менше, ніж тертя спокою. В результаті у ведучому режимі має місце швидкий розгін колеса (буксування), а в гальмівному – його зупинка, тобто робота колеса на даній ділянці є нестійкою.

Коефіцієнт поздовжньої сили колеса при повному ковзанні (коефіцієнт зчеплення φ) характеризує той крутний момент, який може бути реалізований колесом в таких дорожніх умовах

за умовами зчеплення його з дорогою. Максимальне значення коефіцієнта подовжньої сили колеса визначає максимальний момент, що реалізовується колесом, і називається максимальним коефіцієнтом зчеплення φ_{\max} .

Під час динамічних розрахунків трактора у ряді випадків виникає необхідність враховувати зміну коефіцієнта подовжньої сили колеса залежно від швидкості руху. Якщо нема точніших даних, то в першому наближенні можна скористатися співвідношенням:

$$\varphi = \varphi_0(1 - A), \quad (9)$$

де φ_0 – коефіцієнт зчеплення за малої швидкості;

A – коефіцієнт, що залежить від типу шин і дорожніх умов.

Коефіцієнт зчеплення залежить від навантаження на колесо і тиску повітря в шині. На дорогах з твердим покриттям збільшення навантаження на колесо приводить до зменшення коефіцієнта зчеплення, причому на засніженій дорозі і при ожеледиці відносна зміна коефіцієнта зчеплення більша, ніж на дорогах з асфальтовим покриттям.

Для кожної шини коефіцієнт зчеплення має максимальне значення при певному тиску повітря в ній. Під час руху по м'яких поверхнях коефіцієнт зчеплення зростає із зменшенням тиску повітря в шині завдяки збільшенню площі контакту і поліпшенню характеристик взаємодії колеса з ґрунтом. У цих умовах шини з низьким тиском повітря мають вищий коефіцієнт зчеплення, ніж шини з високим тиском. Але цієї умови не достатньо для покращення зчіпних властивостей, тому потрібно додатково встановити підштовхувачі, або ґрунтозачепи (рис. 4). Додаткові металеві ґрунтозачепи [5], як правило, не знижують питомого тиску на ґрунт і не зменшують глибину сліду, що залишається від колеса на ґрунті, тому їх застосовують у польових роботах за крайньої необхідності, а в основному використовують під час руху на слизьких ґрунтових або вологих лісових дорогах, де вони істотно підвищують прохідність трактора.

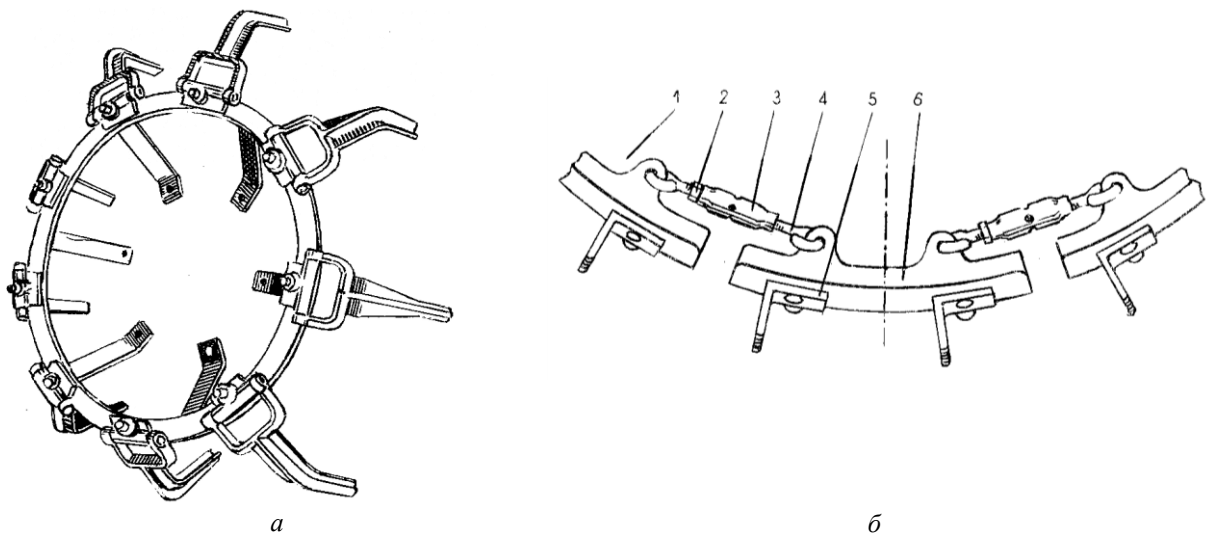


Рис. 4. Ґрунтозачепи: *а* – накладні на суцільному металевому диску; *б* – накидні, шарнірно закріплені на шину колеса: 1 – шина, 2 – контргайка, 3 – двостороння гайка, 4 – зтягуючий гак, 5 – шпори, 6 – ґрунтозачеп

Ґрунтозачепи можуть бути у вигляді видвижних або накладних лопаткових утворень, розміщених з боку колеса, закріплених до диска (рис. 4, *а*), та накидних на шину, при цьому шарнірно з'єднаних між собою (рис. 4, *б*).

Беручи до уваги вищевикладений матеріал, можна зробити дообладнання приводного колеса (звичайна шина) ґрунтозачепами, встановити здвоєні шини або легкі еластичні бандажні гусениці [3], тобто в загальному провести заміну спеціальної лісогосподарської техніки колісними тракторами загального призначення.

Висновок. Теоретичні дослідження зчіпних властивостей тракторів загального призначення для трелювання лісу уможливили заміну спеціальної лісозаготівельної техніки. Покращення зчіпних властивостей колісних тракторів під час трелювання лісу в умовах бездоріжжя

досягається зменшенням тиску у шинах коліс, здвоєнням шин, додатковим встановленням на приводні колеса металевих ґрунтозачепів відповідного варіанта або легких еластичних бандажних гусениць.

У перспективі використання лісозаготівельної техніки потрібно розглядати з врахуванням побудови лісових доріг. Такий підхід дозволить суттєво зменшити кількість техніки для трелювання і транспортування лісу та покращить можливість догляду за лісом. Також представники лісозаготівельних підприємств отримають можливість з меншими затратами підбирати та купувати комплекс машин для трелювання лісу та транспортування на пункти зберігання і переробки.

Література

1. Винокуров В.Н., Еремін Н.В. Система машин в лесном хозяйстве: Учебник для вузов. – М.: Издательский центр Академия, 2004. – 320 с.
2. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория: Учебник для вузов. – Мн.: Выш. Шк., 1986. – 208 с.: ил.
3. Дацюк Л.М., Юхимчук С.Ф., Ралець А.Я. Аналіз зчпних властивостей колісних тракторів для транспортування лісосировини // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. Вип.20. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, – 2010. – С. 46-53.
4. Маслай С.В., Борис М.М., Євтушенко А.Я. Перспективи застосування і параметри колісних тракторів для лісового господарства// Наук. Вісник НАУ. – К.: НАУ. – 2007, вип. 172. – С. 22-28.
5. Тяговые характеристики сельскохозйственных тракторов. Альбом-справочник. – М.: Россельхозиздат, 1979. – 240 с.: ил.
6. Хайлис Г.А. Расчет рабочих органов почвообрабатывающих машин: Учеб. Пособие. – К.: УМК ВО, 1980. – 83 с.

Рецензент д.т.н., проф. М.П. Ярошевич.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2018