

УДК. 629.114.2

**ПРИСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ДИФЕРЕЇНЦЮВАННЯ ТА
ВАРІЮВАННЯ ДО МЕХАНІКИ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ РУШІВ
ТРАКТОРІВ ЗА МЕТОДОМ ДОЦЕНТА ПЕТРОВА Л.М.**

Л.М. Петров, канд. техн. наук, **В.П. Білий**, студент магістр
Одеський державний аграрний університет

Розроблена математична модель переміщення трактора з урахуванням буксування рушій. Така модель дозволяє відтворити дійсну траєкторію на даному фоні, яка відповідає дійсному руху трактора під впливом прикладених сил та завдання початкових умов.

Ключові слова: трактор, рушій, координати, варіація, диференціювання

Вступ. У відповідності з системою машин та типажем в нашій державі випускаються трактори з гусеничною та колісною ходовими системами. Світова тенденція полягає в засвоєнні виробництва нових колісних та гусеничних тракторів потужністю 330 – 370 кВт тягового класу 8 (тягове зусилля 80 кН), гусеничних потужністю 185 кВт класа 5 та колісних потужністю 110 кВт класа 2. Значно збільшується число модифікацій тракторів які використовуються в різних галузях сільсько-господарства виробництва.

Зростання енергонасиченості тракторів, яке пов'язане з необхідністю підвищення їх працездатності, розширює номенклатуру і збільшується маса тракторів та агрегатуємих сільськогосподарських машин, і як наслідок, збільшується їх руйнівний вплив на ґрунт. При прикладанні до колісного рушія крутного моменту відбувається деформування опорної поверхні, боковин та протектора шини.

Проблема. Проблема зниження впливу на ґрунт ходових систем актуальна, пов'язана з підвищенням врожайності сільськогосподарських культур та поліпшенням умов обробки ґрунту. В результаті дії колісних та гусеничних рушій тракторів глибина ущільнення ґрунту досягає 0,3...0,6 м. Найбільш сильно ущільнюється верхній шар ґрунту. Все це викликає необхідність удосконалювання конструкцій ходових систем тракторів, що не можливо без математичного описання дійсної траєкторії руху трактора.

Аналіз останніх дослідів та публікацій. В роботі [1] показано, що коли крутний момент по своїй величині перевищує зчеплення шини з опорною поверхнею, відбувається сковзання елементів в контактні відносно опорної поверхні.

В [2] автори доказали, що коли крутний момент по своїй величині перевищує зчеплення шини з опорною поверхнею, відбувається сковзання - елементів в контактні з опорною поверхнею. Податливість шини в коловому напрямку характеризується крутильною жорсткістю, яка представляє собою

похідну функції підведеного до колеса крутного моменту від величини закрутки колеса. Крутильна жорсткість використовується конструкторами при проведенні міцнісних розрахунків деталей та вузлів трансмісії.

Як тільки $M_{вед}$ (ведучий момент) [3] досягає деякого значення $M_{ф}$, всі елементи шини у п'ятні контакту почнуть ковзати з різною швидкістю. Виникає процес буксування - ковзання шини у п'ятні контакту в сторону, зворотнього напрямку руху. При буксуванні зменшується швидкість осі ведучого колеса з-за ковзання шини відносно основания у всіх точках контакту в сторону зворотнього напрямку руху.

Коефіцієнт буксування обчислюють по формулі:

$$\delta = \vartheta\delta / \vartheta\tau \quad (1)$$

де $\vartheta\tau$ - теоретична швидкість руху осі ведучого колеса

Дійсну швидкість руху осі ведучого колеса обчислюють по формулі:

$$\vartheta g = V_{\tau} - \vartheta\delta \quad (2)$$

де V_{δ} - швидкість буксування.

Мета дослідження: Обґрунтування поняття дійсної траєкторії руху трактора на даному фоні під впливом прикладених сил та заданих початкових умов.

Результати досліджень: Уявимо прямолінійний рух трактора як механічну систему, яка має одну степінь вільності. Положення трактора буде визначатися узагальненою координатою [4, 5]:

$$q = f(t) \quad (3)$$

Рівняння дійсного руху трактора внаслідок змінення часу при його переміщенні буде мати вигляд:

$$\alpha q = \int f(t) dt \quad (4)$$

Геометрично αq є відрізок $K_1 \alpha_1$, але з точністю до безкрайньо малих вищого порядку αq буде дорівнювати відрізку $f_1 K_1$, рис. 1.

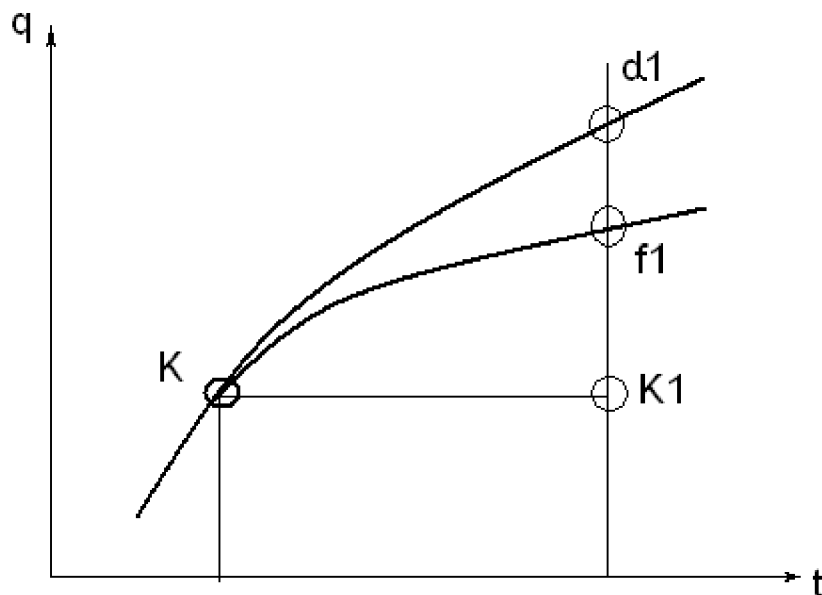


Рис.1 – Графік відображення дійсного руху трактора

Дано функції $q = f(t)$ у заданій час t , вільне прирощене αq :

$$\alpha q = \varepsilon \cdot \varphi(t) \quad (5)$$

де ε - є вільне мале постійне число, наприклад, буксування рушія на даному фоні.

$\varphi(t)$ - є вільна диференційна функція часу

Згідно теорії диференціювання, отримаємо декілька нових функцій часу:

$$q' = f(t) + \varepsilon \varphi(t) \quad (6)$$

На графіку, рис. 2, формула (4) має вигляд:

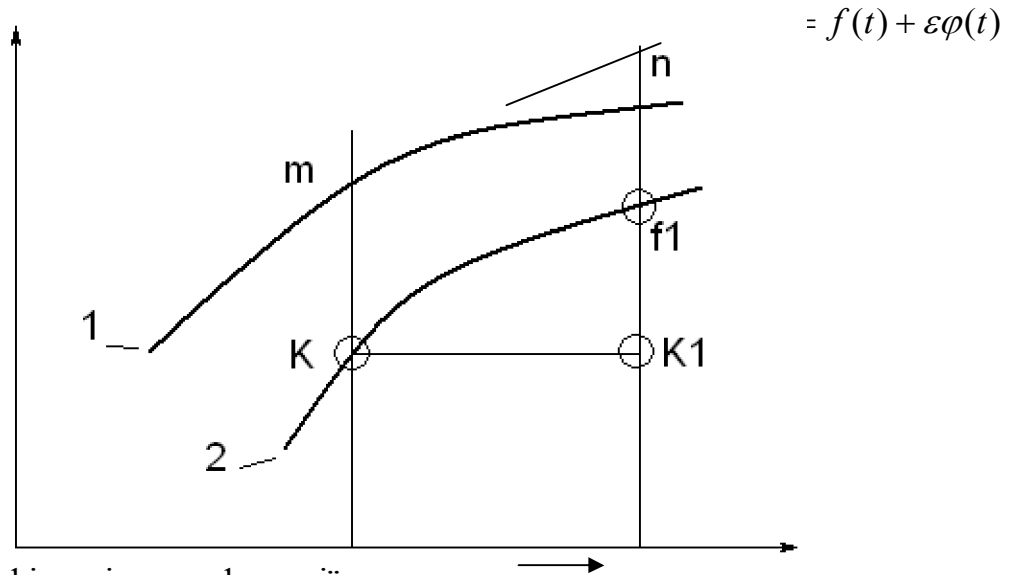


Рис. 2 – Графік змінення функції q

Як відомо з [4] вільне зміщення самої функції називається синхронною варіацією функції.

З (4) віднімаємо (1) та отримуємо

$$\zeta q = q' - q = \zeta \varphi(t) \quad (7)$$

Варіація по формулі (5) відповідає відрізку K_m .

Становлення операцій диференціювання варіювання функції, які описують процес переміщення трактора показує, що диференціал αq являється зміненням швидкості руху тобто ординати q вздовж кривої $q = f(t)$, а варіація функції δq визначає змінення пройденого трактором шляху, тобто змінення загальної координати q при фіксованому t , яке пов'язане з переходом з кривої 2, рис. 2, 7 до кривої 1.

Розглянемо змінний процес переміщення трактора, коли функція яка описує цей процес сама змінюється, а також змінюється її аргумент.

Прийmemo змінений аргумент дорівнює:

$$t' = t + \Delta t \quad (8)$$

Визначимо повну зміну функції Δq , яка описує процес переміщення трактора.

$$\Delta q = q''(t + \Delta t) - q(t) = [q''(t + \Delta t) - q(t + \Delta t)] + [q(t + \Delta t) - q(t)] \quad (9)$$

Але при врахуванні [4, 5]

$$q'(t) = (t + \Delta t) - q(t + \Delta t) = \delta q \quad (10)$$

$$q(t + \Delta t) - q(t) = q \Delta t \quad (11)$$

Тоді: $\Delta q = \delta q + q \Delta t$

Згідно рисунка 2 зміна процесу переміщення буде зображена відрізком $K_1 n$

$$K_1 n = K_1 f_1 + f_1 n \quad (12)$$

На цьому рисунку координати відповідають:

$$K_1 n = \Delta q; K_1 f_1 = q \Delta t; f_1 n = \delta q \quad (13)$$

Тобто
$$\Delta q = q \Delta t + \delta q \quad (14)$$

На основі попередньо викладеного повна зміна кута повороту рушія при врахуванні буксування буде:

$$\Delta \varphi = \delta \varphi + \varphi \Delta t \quad (15)$$

де φ - кут повороту колісного рушія.

Проінтегруємо формулу (15)

$$\int_0^t \Delta \varphi \cdot dt = \int_0^t \delta \varphi \cdot dt + \int_0^t \varphi \cdot \Delta t \cdot dt \quad (16)$$

$$\int_0^t \varphi \cdot \Delta t \cdot dt = \int_0^t d\varphi \cdot \Delta t = \varphi \cdot \Delta t \Big|_0^t - \int_0^t \varphi \cdot \frac{d}{dt}(\Delta t) \cdot dt \quad (17)$$

Підставимо (17) в (16) і отримуємо:

$$\int_0^t \varphi \cdot dt = \int_0^t \varphi \cdot dt - \int_0^t \varphi \cdot \frac{d}{dt}(\Delta t) \cdot dt = \varphi \cdot \Delta t \Big|_0^t \quad (18)$$

Вираз (18) уявимо у вигляді:

$$\Delta \int_0^t \varphi \cdot dt = \delta \int_0^t \varphi \cdot dt + \varphi \cdot \Delta t \quad (19)$$

Витчемо з (19) вираз (18) і отримаємо:

$$\Delta \int_0^t \varphi \cdot dt - \int_0^t \Delta \varphi \cdot dt = \int_0^t \varphi \cdot \frac{d}{dt}(\Delta t) \cdot dt \quad (20)$$

Таким чином формулу для повного врахування зміни кута обертання рушія, представлення у вигляді:

$$\Delta \int_0^t \varphi \cdot dt = \int_0^t (\Delta \varphi + \frac{d}{dt} \cdot \Delta t) \cdot dt \quad (21)$$

На рис. 3 приведена залежність зміни кута повороту колеса у залежності від буксування.

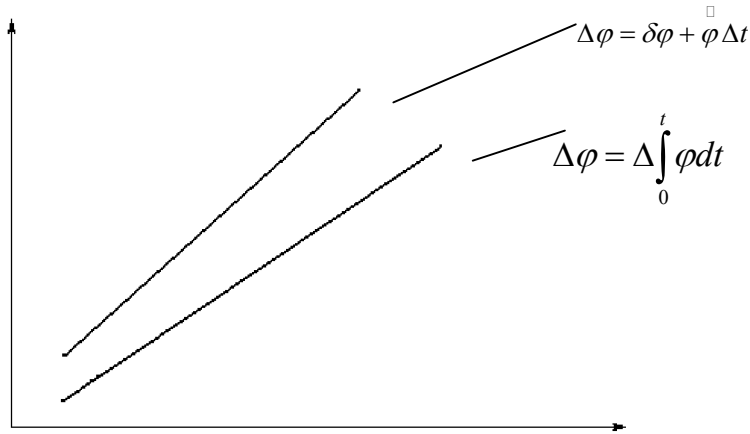


Рис. 3—Залежність зміни кута повороту рушія при врахуванні буксування

$$\delta\varphi + \varphi \cdot \Delta t = \int_0^t (\Delta\varphi \cdot \varphi \cdot \frac{d}{dt} \cdot \Delta t) \cdot dt \quad (22)$$

Проведеними дослідженнями встановлено, рис. 4, наближено лінійну залежність коефіцієнту буксування від швидкості переміщення трактора.

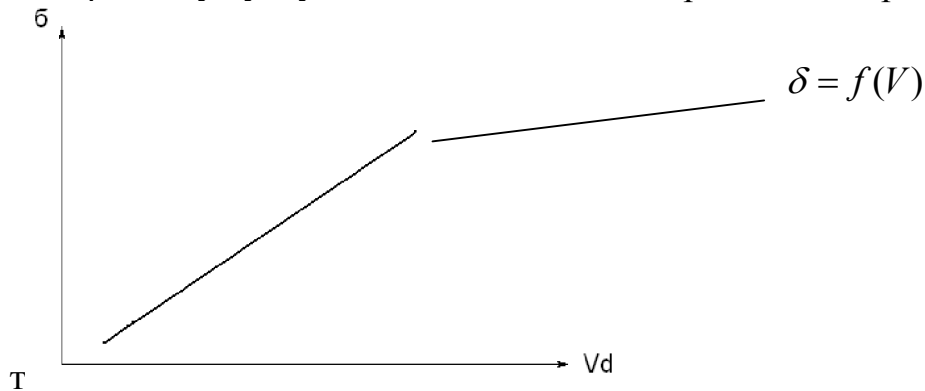


Рис. 4 – залежність коефіцієнта буксування від швидкості трактора.

Висновки. Дійсна траєкторія руху трактора на даному фоні відповідає дійсному руху трактора під впливом прикладених сил та заданих початкових умов.

Рівняння (21) відповідає руху, безкрайньо близькому до дійсного, яке допускається існуючими зв'язками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вирабов Р.В. О реализации касательной силы в зоне контакта упругих тел при качении. – «Известия вузов» 1967, №2, с.78-84.
2. Работа автомобильной шины. Подред В.И. Кнороза, М., «Транспорт» 1976, 288с. Авт.: В.И. Кнороз, Е.В. Кленников, И.П. Петров, А.С. Шелухин, Ю.М. Юрьев.
3. Скотников В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля, - М.: Агропромиздат, 1986. - 383с.

4. Теоретична механіка: Підручник: В2 и Допущено МОН/Бондаренко А. А., Дубінін О. О., Переяславцев О. М. К., 2004. – Ч.1; Статика. Кінематика – 599 с.;

5. Теоретична механіка: Підручник: В2 и Допущено МОН/Бондаренко А. А., Дубінін О. О., Переяславцев О. М. К., 2004. – Ч.2; Динаміка – 590 с.;

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ТЕОРИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ И ВАРИРОВАНИЯ К МЕХАНИКЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДВИЖИТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ ЗА МЕТОДОМ ДОЦЕНТА ПЕТРОВА Л.Н.

Л.Н. Петров, В.П. Белый

Ключевые слова: трактор, движитель, координаты, вариация, дифференцирование

Резюме

Разработанная математическая модель перемещения трактора с учетом буксования движитель. Такая модель разрешает воссоздать действительную траекторию на данном фоне, которая отвечает действительному движению трактора под влиянием приложенных сил и задачу начальных условий.

ACCESSORIES DIFFERENTIATION THEORY AND MECHANICS VARIATION TO PROCESS TRACTOR ENGINE BY THE METHOD OF SMITH ASSOCIATE PROFESSOR L.N.

L.N. Petrov, V.P. Biluy

Key words: tractor, driver, coordinates, variation, differentiation.

Summary

Developed a mathematical model taking into account the movement of tractor engine skid. This model can reproduce the actual trajectory at the background, which corresponds to actual movement of the tractor under the influence of applied forces and make initial conditions.