

УДК 631.37

АНАЛІЗ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОЛІЇ У ВИПАДКУ ЇЇ ПРОКЛАДАННЯ НА ГРУНТІ КОЛЕСАМИ ЕНЕРГОЗАСОБУ

Кувачов В.П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел./факс (0619) 42-12-65;

e-mail: kuvachoff@mail.ru

Анотація – робота присвячена визначенню глибини сліду на ґрунті після проходу енергозасобу. Представлено результати оцінки глибини колії після проходу трактору серії ХТЗ-160.

Ключові слова – колійна технологія землеробства, постійна технологічна колія, глибина сліду, орно-просапний трактор ХТЗ.

Постановка проблеми. Більш реальним ефектом, одержуваним уже на першому році впровадження системи землеробства з постійною колією, є зниження витрат виробництва продукції. У першу чергу це відбувається за рахунок менших витрат енергії машинно-тракторним агрегатом (МТА), оскільки рух слідами технологічної колії однозначно характеризується як ростом тягово-зчіпних якостей енергетичного засобу, так і значним зниженням опору на його перекочування.

Аналіз останніх досліджень. З результатів досліджень, проведених в Австралії [1], впливає, що щільність ґрунту в зоні доріжок технологічної колії приблизно в 5 разів вища, ніж щільність ґрунту агрофону. В результаті тяговий коефіцієнт корисної дії (ККД) трактора зростає не менш, ніж на 8%, а витрати палива зменшуються на 11%. Аналогічні результати отримані у ПФ ІМЕСГ УАН [1]. Агрегат, ширина захвату якого була рівною 12,6 м, складався з енергетичного засобу МЭС-200, зчіпки СН-75, центрального культиватора КРН-8,4 і двох бічних культиваторів під умовною маркою КРН-2,1. Твердість ґрунту слідів технологічної колії була більшою в 3,56 рази порівняно з коліями, що утворював агрегат на розпушеному ґрунті [4]. Якщо при переміщенні енергетичного засобу по розпушеному ґрунті буксування його рушіїв було 9%, то при русі по слідах

технологічної колії воно знизилося до 7%. Робоча швидкість руху просапного МТА зросла при цьому з 7,85 до 8,05 км/год., витрати палива енергетичним засобом зменшилися з 21,3 до 19,0 кг/год., тобто на 12,1%[5].

Постановка завдання. Одним із способів формування технологічної колії на полі має місце випадок її утворення колесами енергозасобу МТА [2]. Перспективність такого способу підкріплюється наявними технологіями систем паралельного водіння МТА і автопілотом (GPS-навігація), які забезпечують задовільну прямолінійну сталість руху по заданим траєкторіям, навіть в умовах незадовільної видимості [3].

Стосовно видимості постійної технологічної колії, то вона повинна бути задовільною, принаймі до моменту проведення посіву оброблювальної культури.

На величину глибини слідів технологічної колії істотний вплив здійснюють як конструктивні параметри енергозасобу, характеристики його рушіїв, рівень вертикального навантаження, так і фізико-механічні (технологічні) властивості ґрунту. Визначення і аналіз функціональних закономірностей такого впливу дозволяє сформулювати ряд додаткових вимог, яким повинен відповідати енергетичний засіб та його рушії, що використовуються при прокладці технологічної колії.

В теорії "колієутворення" (методик визначення глибини колії) взаємодія елементів в системі "місцевість-машина" зумовлює складний конгломерат параметрів, що визначає різні варіанти обчислення (в більшості випадків емпіричних залежностей) глибини колії, із превалюванням тих або інших змінюваних параметрів системи [1, 4-9], що в загальному випадку можна виразити як:

$$h_k = f \left\{ \begin{array}{l} \underline{1.} \text{ Фізико-механічні (технологічні) властивості ґрунту:} \\ \text{а) показники штапових досліджень (щільність,} \\ \text{твердість, консистенція, товщина деформованого} \\ \text{шару, варіація несучої здатності та ін.);} \\ \text{б) показники зсувних досліджень (коефіцієнт} \\ \text{внутрішнього тертя, зчеплення та ін.);} \\ \text{в) показники деформації - розтягнення, стиснення та} \\ \text{ін. (коефіцієнт пружності та ін.).} \\ \underline{2.} \text{ Рівень вертикального навантаження рушія машини} \\ \text{на ґрунт та його характеристик (зокрема для колісних} \\ \text{машин - тиск пневмошини та ін.).} \\ \underline{3.} \text{ Режим руху машини (швидкість, буксування рушіїв,} \\ \text{кількість проходів по одному сліду та ін.).} \end{array} \right.$$

Тому, для можливості теоретичного аналізу параметрів технологічної колії при її формуванні на полі колесами енергозасобу проведемо розгляд деяких існуючих методик.

Мета роботи. Встановлення кількісного впливу певних чинників, які були б керованими в умовах практичної експлуатації (наприклад твердість, щільність ґрунту, тиск в рушіях пневмошин, швидкості руху та ін.).

Основна частина. Деформативні властивості м'яких ґрунтів можна оцінити методом, розробленим проф. Я.С. Агейкіним [4]. За результатами його досліджень глибину сліду на ґрунті після проходження енергозасобу можна визначити як

$$h_{\varepsilon} = \frac{q_{\max v}}{E_v}, \quad (1)$$

де $q_{\max v}$ – максимальний контактний тиск рушіїв на ґрунт в функції швидкості V , Н/м; E_v – модуль деформації ґрунту в функції швидкості, Н/м².

За даними досліджень Жигана В.Й. [5] рівняння (1) після емпіричних перетворень можна записати як:

$$h_{\varepsilon} = \frac{q_{\max 0}}{\left(1 + \frac{k' \cdot V}{2f_{\bar{a}} \cdot L_k \cdot n}\right) \cdot E_0 (1 + \Omega \sqrt{V})}, \quad (2)$$

де $q_{\max 0}$ – максимальний питомий тиск на ґрунт для рушіїв колісного типу визначається за формулою:

$$q_{\max 0} = 0,832 \sqrt{\left[\frac{G_{\varepsilon}}{b \cdot D_{\text{пр}}}\right] \cdot \left[\frac{A_{\sigma} A_0}{A_{\sigma} + A_0}\right]},$$

V – швидкість руху, км/год; f_r – кут внутрішнього тертя ґрунту в градусах; $k \approx 1/c$; L_k – довжина контакту рушія, м; n – число проходів рушія по сліду; $E_0, E_{\text{ш}}$ – модуль деформації ґрунту і пружності шини при статичному навантаженні, кН/м²; Ω – коефіцієнт, для в'язкого ґрунту $\Omega = 0,09 \dots 0,11$, для розсипчастого $\Omega = 0,06 \dots 0,08$ [5]; G_k – навантаження на колесо, кН; b – ширина колеса, м; $D_{\text{пр}}$ – приведений діаметр колеса, м.

Відома методика визначення глибини колії h_k при взаємодії гусеничних або колісних ходових систем тракторів із ґрунтом [6] у вигляді залежності

$$h_{\varepsilon} = \frac{D_{1rk} \cdot b + D_{1rk}^2 \cdot f_{\bar{a}}}{b \cdot \left(1 + \frac{1 - \lambda_0}{1 - \lambda_{\min}}\right) + D_{1rk} \cdot f_{\bar{a}}}, \quad (3)$$

де λ_0 – початкова пористість ґрунту; b – ширина гусениці або колеса, м; f_r – коефіцієнт внутрішнього тертя в ґрунті; $D_{\text{гк}}$ – глибина поширення напруг в ґрунті, м.

Оскільки стосовно нашого завдання важливо, щоб розглядувані чинники були б керованими в умовах практичної експлуатації, то з точки зору залежності глибини колії від щільності, твердості ґрунту, а також тиску в рушіях пневмошин, представлені рівняння (2) та (3) інформативності не несуть. До того ж, представлені методики за рівняннями (2) та (3) не враховують товщину деформуємого шару поверхні, яка, в свою чергу, визначає варіацію несучої здатності поверхні та її властивості деформації.

Результати досліджень, представлених у [7], свідчать, що процес утворення колії колесом або гусеницею трактора при їх багатократному проході по сліду, добре описується рівнянням

$$h_z = 1,1 \frac{1 - \mu^2}{A_0} b \cdot x^{0,385} \cdot q \left(\frac{E_0 \cdot \varepsilon \cdot n}{E_0 \cdot \varepsilon + \beta \cdot q \cdot n} + \frac{q}{[q_s] - q} \right), \quad (4)$$

де q – максимальний тиск рушія на ґрунт, Па; n – число проходів рушія по сліду; $[q_s]$ – межа несучої здатності ґрунта, Па; x – відношення довжини деформатора до його ширини; ε – коефіцієнт стискальності ґрунта; β – коефіцієнт, що залежить від μ – модуля поздовжнього розширення ґрунта, $\beta = 1 - 2\mu^2 / (1 - \mu)$; E_0 – модуль деформації ґрунта, Па.

Прийнята однорідність ґрунта і урахування тільки лінійного характеру деформації є недоліком методики за рівнянням (4).

Проф. Надикто В.Т. в результаті розв'язання критеріїв подібності отримав рівняння кількісної оцінки глибини колії, де, зокрема, враховані чинники тиску повітря в шині та щільності ґрунту [1]

$$h_z = \frac{0,01 p_{\text{ш}} - 0,0002 H}{\rho \cdot g} + 4,655 \frac{N \cdot \rho \cdot g}{p_{\text{ш}}^2}, \quad (5)$$

де $p_{\text{ш}}$ – тиск повітря в шині, Па; ρ – щільність ґрунту, кг/м³; g – прискорення вільного падіння, м/с²; H – твердість ґрунту, Па; N – вертикальне навантаження колеса енергозасобу, Н.

За вищепредставленими методиками проведемо оцінку величини глибини колії, яку утворює трактор ХТЗ-16131 своїми рушіями (шини 16,9R38) (рис. 1). Саме цій трактор в роботі [8] позиціонується як перспективний в технології колійного землеробства.

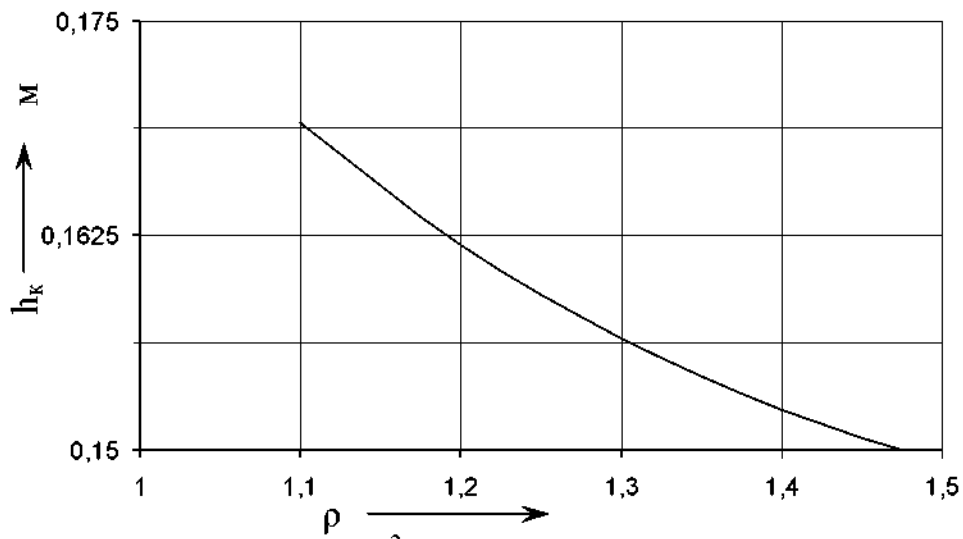


Рис. 1. Залежність глибини колії h_k , яку утворює трактор ХТЗ-16131 своїми рушіями від щільності ґрунту ρ

Аналіз рис. 1 свідчить, що величина глибини колії, яку утворює трактор ХТЗ-16131 на ґрунті щільністю $1,4 \text{ кг/м}^3$ становить близько 15 см.

Із збільшенням числа проходів трактора по тому ж самому сліду глибина колії за результатами розрахунків збільшується (рис. 2). Збільшення її у два рази слід очікувати при трикратному проході, що відповідає $n=6$ (див. рис. 2), оскільки трактор інтегральної компоновки, тобто його передні і задні колеса рухаються по одному сліду.

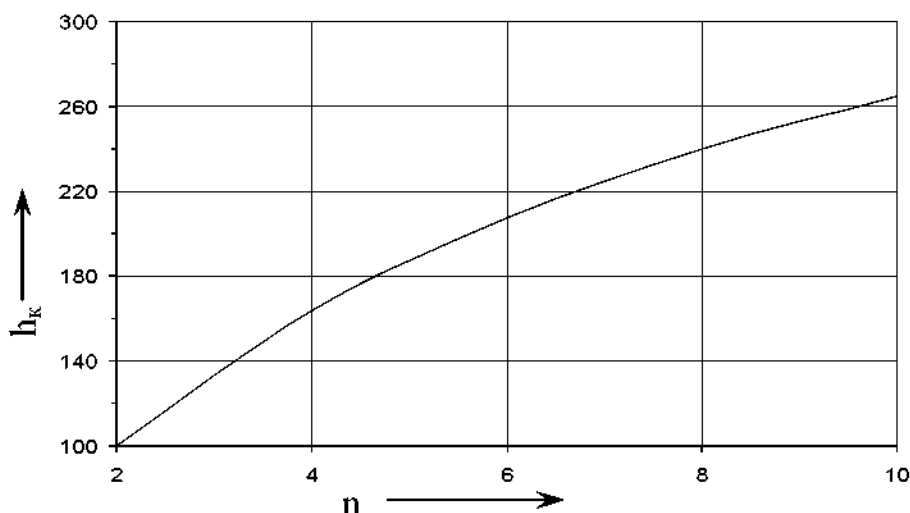


Рис. 2. Відсоток збільшення глибини колії h_k , яку утворює трактор ХТЗ-16131 своїми рушіями в залежності від числа його проходів n по тому ж самому сліду

Залежність глибини колії від швидкості руху ілюструється залежністю на рисунку 3. Аналіз якої свідчить, що максимум глибини колії, яка утворюється після проходження трактора слід очікувати на малих

швидкостях руху. Причому, зменшення швидкості руху з $V=6$ км/год до 3 км/год збільшує глибину колії на 75 %. А підвищення швидкості руху до 12 км/год навпаки, зменшує глибину на 50%.

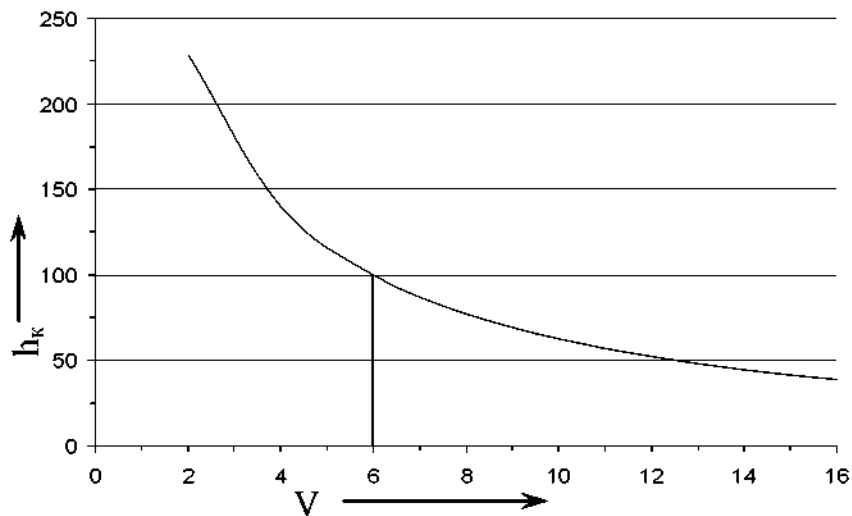


Рис. 2. Відсоток збільшення глибини колії h_k , яку утворює трактор ХТЗ-16131 своїми рушійми в залежності від швидкості його руху (розраховано відносно $V=6$ км/год)

Висновки. Розглянуті методики колієутворювання дозволили систематизувати вплив різних чинників на величину глибини колії, яку залишить після себе трактор на ґрунті.

Як показали результати теоретичних досліджень прокладання технологічної колії на полі колесами орно-просапного трактора ХТЗ-16131 – річ можлива для практичного втілення. Так, наприклад, глибина колії при щільності ґрунту $1,4 \text{ кг/м}^3$ після проходу трактора становить близько 15 см.

Із збільшенням числа проходів трактора по тому ж самому сліду глибина колії за результатами розрахунків збільшується. Збільшення її у два рази слід очікувати при трикратному проході.

Макимум глибини колії, яка утворюється після проходу трактора слід очікувати на малих швидкостях руху. Причому, зменшення швидкості руху з 6 до 3 км/год збільшує глибину колії на 75 %. А от підвищення швидкості руху до 12 км/год навпаки, зменшує глибину на 50%.

Література

1. Надикто В.Т. Колійна та мостова системи землеробства. Монографія / В.Т. Надикто, В.О. Улексін. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 270 с.
2. А. с. 1824040 ССРСР, МКІ³ А 01 В. Способ прокладки постійної технологічної коліи колесами транспортного средства

- одновременно с мелким рыхлением почвы / В.Т. Надикто, В.Д. Черепухин, П.С. Савенко, В.В. Товмаченко, С.М. Чеботарьев. – 1992. – Режим доступа: <http://www.garmin.km.ua>.
3. Агейкин Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители (теория и расчет) / Я.С. Агейкин. - М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
4. Жиган В.Й. Посібник з теоретичних основ машиновикористання в землеробстві та системи Машина-поле: Навчальн. посібник / В.Й. Жиган. - Мелітополь: ТДАТА, 2000. – 144 с.
5. Цыпук А.М. Определение глубины колеи лесных машин / А.М. Цыпук, А.В. Родионов. // Лесная промышленность. – 2004. – № 2. – С. 21–22.
6. Анисимов Г.М. Лесные машины / Г.М. Анисимов. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 512 с.
7. Кувачов В.П. Оцінка ефекту від колійної технології землеробства / В.П. Кувачов, В.Т. Надикто // Праці ТДАТУ. – 2010.– Вип. 10, Т. 6. – С. 126-132.
8. Смирнов А.Г. Теория движения колесных машин / А.Г. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1990. – 351 с.

АНАЛИЗ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛЕИ ДЛЯ СЛУЧАЯ ЕЕ ПРОКЛАДЫВАНИЯ НА ПОЧВЕ КОЛЕСАМИ ЭНЕРГОСРЕДСТВА

В.П. Кувачев

Аннотация – работа посвящена оценке глубины колеи на почве после прохода энергосредства. Представлены результаты оценки глубины колеи после прохода трактора серии ХТЗ-160.

THE ANALYSIS OF TECHNIQUES OF DEFINITION OF DEPTH OF THE TECHNOLOGICAL TRACK FOR THE CASE OF ITS MAKING ON SOIL POWER MEANS WHEELS

V. Kuvachov

Summary

Work is devoted to the an estimation of depth of a track on soil after apass of the power means. Results of the estimation of depth of a track after pass of a tractor of series KLTZ-160 are presented.