



Механізація, електрифікація

УДК 631.37

© 2020

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЧЕННЯ РУШІВ МОСТОВИХ АГРОЗАСОБІВ ПО СЛІДАХ ПОСТІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОЛІЇ

В.В. Адамчук¹, В.М. Булгаков², В.П. Кувачов³,
І.В. Головач⁴, Є.І. Ігнат'єв⁵

^{1,2}доктори технічних наук, професори, академіки НААН

^{3,5}кандидати технічних наук

⁴доктор технічних наук, професор

¹ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
вул. Вокзальна, 11, смт Глеваха Васильківського р-ну Київської обл., 08631, Україна

^{2,4}Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

^{3,5}Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь Запорізької обл., 72312, Україна
e-mail: ¹vvadamchuk@gmail.com, ²vbulgakov@meta.ua, ³kuvachoff@ukr.net,

⁴holovach.iv@gmail.com, ⁵yevhen.ihnatiev@tsatu.edu.ua

ORCID: ¹0000-0003-0358-7946, ²0000-0003-3445-3721, ³0000-0002-5762-256X,
⁴0000-0003-1387-4789, ⁵0000-0003-0315-1595

Надійшла 2.06.2020

Мета. Вивчити кореляційний зв'язок між показниками фізико-механічних властивостей ґрунтового сліду постійної технологічної колії та їх вплив на тягово-зчіпні властивості мостового агрозасобу. **Методи.** Експериментальні дослідження проводилися за загальноприйнятими та розробленими методиками і передбачали використання сучасного контрольно-вимірювального обладнання. **Результати.** За безрозмірний критерій оцінки кочення колеса спеціалізованого ширококолійного агрозасобу, що враховує його дотичну силу і опір, у роботі прийнято коефіцієнт f_k опору його коченню. На підставі експериментальних досліджень та оброблення отриманих даних на ПК створено аналітичні вирази регресійних залежностей коефіцієнта опору коченню коліс від вологості, твердості і щільності сліду постійної технологічної колії і побудовано їх графіки. Результати експериментальних досліджень показали, що фізико-механічні властивості ґрунту в слідах постійної технологічної колії і коефіцієнт опору коченню коліс агрозасобу мають досить високий кореляційний зв'язок. **Висновки.** В результаті проведених досліджень встановлено, що фізико-механічні властивості ґрунтового сліду постійної технологічної колії істотно впливають на витрати енергії з подолання сил опору коченню коліс агрозасобу. Зі збільшенням

вологості ґрунтового сліду постійної технологічної колії з 10 до 45% коефіцієнт опору коченню збільшується з 0,06 до 0,1 (66%). А оскільки витрати потужності на подолання сил опору при русі пропорційні величині f_k , то на стільки ж відсотків зростають і витрати енергії. Зі збільшенням твердості від 2,8 до 4,5 МПа і щільності з 1,3 до 1,6 г·см⁻³ ґрунтового сліду коефіцієнт опору коченню коліс агрозасобу зменшується з 0,1 до 0,06. Також зі збільшенням твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії з 2,5 до 4,0 МПа інтенсивно зростає і величина коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту – з 4,0 до 45,0 МПа. За подальшого збільшення твердості ґрунтового сліду коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту майже не зростає. Для зменшення коефіцієнта опору коченню коліс при русі по ґрунтовому сліду постійної технологічної колії необхідно формувати її як недеформовану опорну поверхню, тоді опір коченню має щонайменше значення.

Ключові слова: тягово-зчіпні властивості, моніторинг властивостей, щільність, твердість, опір коченню, експериментальні дослідження.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202010-07>

Сучасне світове сільськогосподарське виробництво характеризується якісно новим етапом технічного переозброєння. У міжнародних наукових публікаціях з'являється усе більше інформації про ефективність і перспективність використання мостових тракторів (або мостових агрозасобів) [1–4]. Їх поява дає можливість вирішити принципове протиріччя в системі «рушій-ґрунт», суть якого полягає у тому, що для досягнення високих тягово-зчіпних властивостей рушії енергетичного засобу повинні контактувати з вирівняною і твердою опорною поверхнею. А для нормального росту культурних рослин потрібне розпушене структуроване середовище з оптимальною щільністю і вологістю. Практично такі вимоги можна задовольнити лише тоді, коли на полі чітко розмежувати зони руху мостових агрозасобів і росту рослин: технологічну й агротехнічну зони поля [5, 6].

Рух мостових агрозасобів по слідах постійної технологічної колії забезпечує кращі тягово-зчіпні властивості порівняно з традиційним трактором, який рухається по сільськогосподарському агрофону [7]. Номінальне тягове зусилля, яке розвиває мостовий трактор за умови достатнього зчеплення його рушіїв із опорною поверхнею слідов постійної технологічної колії має бути більше, ніж у традиційного трактора,

за однакових їх технічних параметрів. Водночас зчеплення рушіїв мостового агрозасобу з опорною поверхнею слідов постійної технологічної колії має бути достатнім, щоб він міг розвивати номінальне тягове зусилля при роботі з певним рівнем буксування. З класичної теорії трактора відомо, що малій величині буксування відповідає менше значення дотичної сили тяги, яку він розвиває.

Умови руху мостового агрозасобу по твердій вирівняній опорній поверхні слідов постійної технологічної колії мають реалізувати в агрозасобу максимальну дотичну силу тяги. Для традиційного трактора максимальна величина цієї сили припадає на буксування, що значно перевищує той рівень, за якого можливе неприйнятне руйнування ґрунтового середовища [8]. Звідси випливає необхідність пошуку компромісу: максимальне буксування колісного рушіїв мостового агрозасобу має бути таким, щоб за умови достатнього його зчеплення із опорною поверхнею слідов постійної технологічної колії він розвивав максимально можливу дотичну силу тяги.

Однією з головних задач, яку слід вирішувати в теорії кочення ведучого колеса спеціалізованого ширококолійного агрозасобу, є підвищення якості його зчеплення з опорною поверхнею слідов постійної

технологічної колії для забезпечення максимальної сили тяги. При цьому зчеплення ведучого колеса ширококоліїного агрозасобу з опорною поверхнею слідів постійної технологічної колії визначається дією таких сил: тертя між ґрунтом і опорними поверхнями шини; зачеплення, що виникає при упорі ґрунтозачепів шини об ґрунт; сили, що діє у площині зрізу бруска ґрунту, розташованого між ґрунтозачепами [7].

Зі збільшенням механічної міцності ґрунтового сліду постійної технологічної колії зростає і сила зчеплення колеса агрозасобу з опорною поверхнею його кочення. У такому разі колесо ширококоліїного агрозасобу реалізує більший крутний момент і максимальну силу тяги. При великій щільності ґрунтової опорної поверхні на утворення зчеплення, а отже, і на тягоутворення, істотно впливає сила тертя між ґрунтом і опорними поверхнями шини агрозасобу. У разі зменшення щільності ґрунтового сліду постійної технологічної колії збільшується глибина проникнення у неї ґрунтозачепів колеса агрозасобу. В цьому разі на тягоутворення більше впливають сили зачеплення ґрунтозачепів шини колеса об ґрунт і тертя у площині зрізу бруска ґрунту, розташованого між ґрунтозачепами [7].

Проведені нами аналітичні дослідження показали, що сила опору коченню коліс агрозасобу залежить від властивостей ґрунтового сліду постійної технологічної колії, які характеризуються коефіцієнтом об'ємного зминання [9]. Цей показник перебуває у тісному кореляційному зв'язку з твердістю ґрунту.

Отже, однією із найважливіших умов достатнього зчеплення коліс спеціалізованого ширококоліїного агрозасобу з опорною поверхнею і мінімального їх опору коченню є фізико-механічні властивості слідів постійної технологічної колії. Моніторинг її властивостей — це реальна основа забезпечення високого коефіцієнта корисної дії роботи спеціалізованих ширококоліїних агрозасобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У наукових дослідженнях достатньо показано кореляційний зв'язок між щільністю і твердістю ґрунту [10–12]. Водночас відомо, що на твердість ґрунту впливає не

тільки його щільність, а й вологість, яка нерівномірно розподіляється на поверхні поля, і в глибину [8].

Але фізико-механічні властивості ґрунту в умовах сільськогосподарського агрофону істотно відрізняються від властивостей ущільненого вирівняного сліду постійної технологічної колії. А це не дає можливості використовувати відомі аналітичні залежності, що зв'язують зазначені показники між собою. Майже немає інформації про експериментальну оцінку властивостей ґрунтових слідів постійної технологічної колії у колійній системі землеробства, зокрема, за використання спеціалізованих ширококоліїних агрозасобів, що рухаються по ній. Початок таких досліджень наведено у роботі [13]. У цій роботі на підставі експериментальних досліджень побудовано графіки регресійних залежностей щільності й твердості ґрунтових слідів постійної технологічної колії від їх вологості. Також отримано аналітичну і на її підставі побудовано графічну регресійну залежність щільності ґрунтового сліду від його твердості. Отже, досліджень властивостей постійної технологічної колії і їх впливу на процес кочення колеса мостового агрозасобу проведено недостатньо, що й зумовлює актуальність цього дослідження.

Мета досліджень — вивчити кореляційний зв'язок між показниками фізико-механічних властивостей ґрунтового сліду постійної технологічної колії та їх вплив на тягово-зчіпні властивості спеціалізованого ширококоліїного агрозасобу.

Матеріали та методи. Експериментальні дослідження проведено на дослідному зразку мостового агрозасобу, загальний вигляд якого представлено на рис. 1. Цей агрозасіб має колісний рушій із пневматичними шинами типорозміру 9.5R32.

Фізико-механічні властивості ґрунтових слідів постійної технологічної колії вимірювали в товщині шару 0–5 см, агрофону — 0–15 см. Для визначення твердості ґрунту використовували твердомір системи Ревякіна. Щільність ґрунтового сліду технологічної колії і агрофону вимірювали щільноміром, а вологість — вологоміром МГ-44. Для максимального зменшення похибки визначення показників фізико-механічних



Рис. 1. Мостовий агросасоб під час досліджень у ґрунтовому каналі, який рухається по слідах постійної технологічної колії

властивостей ґрунтового сліду постійної технологічної колії та агрофону досліди проводили в багатократній повторності. Отримані значення цих показників у подальшому усереднювали. Похибка безпосереднього експериментального вимірювання параметрів зазначеними приладами не перевищувала 2%.

У процесі експериментальних досліджень силу опору коченню колеса агросасобу по сліду постійної технологічної колії визначали за принципом його «вільного» руху опорною поверхнею. «Вільний рух» ширококолійного агросасобу по сліду постійної технологічної колії здійснювали шляхом його примусового переміщення за допомогою тягового механізму (рис. 2).

Лабораторний комплекс (рис. 2) складався із агросасобу 1, колеса якого вільно

перекочувалися по сформованому сліду 2 постійної технологічної колії. Вільне переміщення агросасобу 1 по сліду 2 постійної технологічної колії здійснювалося за допомогою тягового механізму 3, трос 4 якого кріпився до нього. Величина зусилля, яке прикладалося для вільного переміщення агросасобу 1 по слідах 2 постійної технологічної колії, фіксувалася за шкалою динамометричного пристрою 5.

В основу лабораторного визначення сили опору коченню агросасобу покладена рівність сили опору його перекочуванню P_f і зусилля P_N за показаннями динамометричного пристрою, з яким здійснювалося його вільне кочення (рис. 2).

Результати досліджень. Оскільки кочення колеса агросасобу з еластичним ободом по ґрунтовому сліду постійної

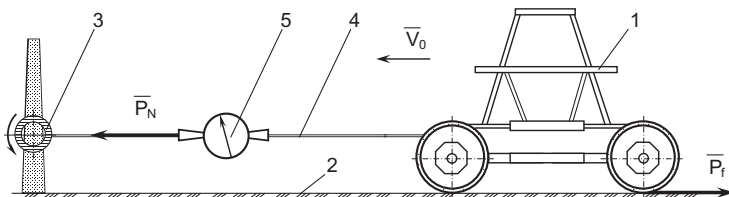


Рис. 2. Лабораторний комплекс для визначення сили опору коченню агросасобу по сліду постійної технологічної колії

технологічної колії характеризується витратами енергії на подолання сил опору цьому руху, то виявлення взаємозв'язку його параметрів і умов кочення, пошук критеріїв оцінки процесу кочення колеса, а також визначення шляхів зменшення опору є основними завданнями, які слід вирішити у вивченні цього процесу. Слід зазначити, що залежність коефіцієнта опору коченню колеса ширококоліїних агрозасобів від фізико-механічних властивостей ґрунтової опорної поверхні слідів постійної технологічної колії, якими воно рухається, зокрема, від її вологості, щільності і твердості, розглянуто і досліджено науковцями недостатньо. Однак, як показали результати проведених досліджень, такий рух спеціалізованого агрозасобу в колійній системі землеробства характеризується меншими затратами енергії.

За безрозмірний критерій оцінки кочення колеса спеціалізованого ширококоліїного агрозасобу, що враховує його дотичну силу і опір, прийнято коефіцієнт f_k опору коченню. При розгляді процесу кочення колеса агрозасобу виключалися фактори, супутні роботі його коліс у загальному випадку: нерівномірний рух, підйом або спуск, опір підшипників у маточині коліс, опір повітряного середовища. В основі досліджень — теза, що колесо спеціалізованого ширококоліїного агрозасобу з постійним тиском повітря у його шині котиться по сліду горизонтальної ділянки постійної технологічної колії із рівномірною швидкістю.

Результати проведених експериментальних досліджень показали, що фізико-механічні властивості ґрунту в слідах постійної технологічної колії і коефіцієнт опору

коченню коліс ширококоліїного агрозасобу мають досить значний кореляційний зв'язок. Наприклад, характер впливу вологості ґрунту в слідах постійної технологічної колії на коефіцієнт опору коченню коліс агрозасобу представлено на рис. 3. З аналізу графіка, зображеного на рисунку, випливає, що зі збільшенням вологості ґрунтового сліду зростає і коефіцієнт опору коченню.

За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що зі збільшенням вологості ґрунтового сліду постійної технологічної колії із 10 до 45% коефіцієнт опору коченню коліс агрозасобу збільшується із 0,06 до 0,1. У відсотковому відношенні це становить 66%. А оскільки витрати потужності ширококоліїним агрозасобом на подолання сил опору коченню його коліс при русі пропорційні величині f_k , то на стільки ж відсотків зростають і витрати енергії.

Пояснити отриманий характер взаємозв'язку між показниками, представленими на рис. 3, можна тим, що зі збільшенням вологості ґрунтового сліду постійної технологічної колії зростають витрати енергії на зминання ґрунту при русі по ній ширококоліїного агрозасобу. Ці витрати збільшуються через розширення площі контакту шини його колеса з опорною поверхнею і зростання глибини колії, утвореної продавлюванням ґрунтового сліду. Внаслідок цього збільшується і коефіцієнт опору коченню коліс ширококоліїного агрозасобу при його русі по ній, оскільки витрати енергії на деформацію ґрунту при цьому значно перевищують витрати енергії на деформацію шини.

Залежність між коефіцієнтом f_k опору коченню ширококоліїного агрозасобу і воло-

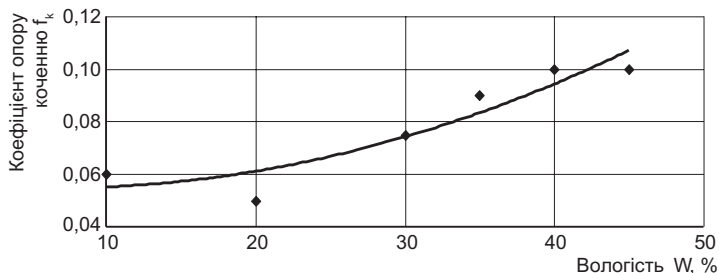


Рис. 3. Залежність коефіцієнта f_k опору коченню коліс агрозасобу від вологості W ґрунтового сліду постійної технологічної колії

гістю ґрунтового сліду досить точно апроксимується виразом такого вигляду:

$$f_k = 4 \cdot 10^{-5} \cdot W^2 - 5 \cdot 10^{-4} \cdot W + 0,0562, \quad (1)$$

де W — вологість верхнього шару ґрунту в слідах постійної технологічної колії, %.

Точність отриманого аналітичного виразу (1) можна оцінити за величиною коефіцієнта кореляції зв'язку, квадрат значення якого становить $R^2=0,8767$. Високе його значення вказує на можливість практичного використання отриманої аналітичної залежності (1) для оцінки втрат енергії на кочення коліс агрозасобів по ґрунтовому сліду з урахуванням вологості.

Оскільки вологість ґрунту в слідах постійної технологічної колії природно впливає на показники її твердості та щільності, їх зміна також позначається на зміні коефіцієнта f_k опору коченню агрозасобу (рис. 4 і 5).

Аналіз отриманих через експерименти залежностей, представлених на рис. 4 і 5, показав, що зі збільшенням твердості H і щільності ρ ґрунтового сліду постійної технологічної колії зменшується коефіцієнт f_k опору коченню коліс агрозасобу при його русі по ній. Це зменшення має

квадратичний характер, тому досить точно описується такими квадратичними залежностями:

$$f_k = 0,0247 \cdot H^2 - 0,2093 \cdot H + 0,499, \quad (2)$$

де H — твердість ґрунту в слідах постійної технологічної колії, визначеної за системою Ревякіна, МПа,

$$f_k = 0,335 \cdot \rho^2 - 1,1256 \cdot \rho + 0,9991, \quad (3)$$

де ρ — щільність ґрунту в слідах постійної технологічної колії, $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$.

Слід зазначити, що кореляційний зв'язок твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії із коефіцієнтом f_k опору коченню (2) сильніший, ніж зв'язок щільності ґрунтового сліду з ним (3). Квадрат коефіцієнта кореляції зв'язку твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії з f_k становить $R^2=0,9395$, а щільності — $R^2=0,8419$.

Пояснити характер отриманих у результаті експериментів залежностей, представлених на рис. 4 і 5, можна тим, що збільшення твердості й щільності ґрунтового сліду постійної технологічної колії сприяє зменшенню витрат енергії, що передається колесу агрозасобу, для вертикального зминання ґрунту і утворення ущільненого сліду, а також тертя

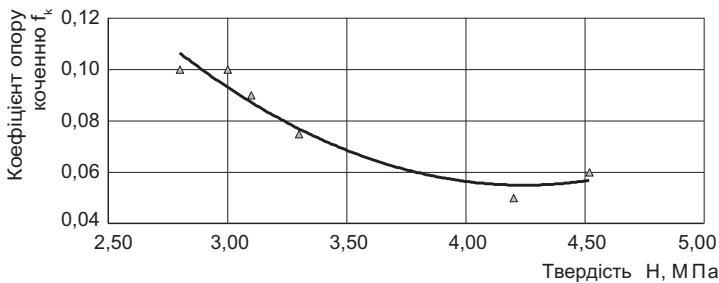


Рис. 4. Залежність коефіцієнта f_k опору коченню коліс агрозасобу від твердості H ґрунтового сліду постійної технологічної колії

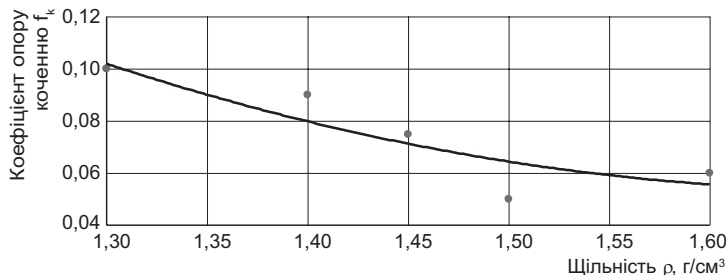


Рис. 5. Залежність коефіцієнта f_k опору коченню коліс агрозасобу від щільності ρ ґрунтового сліду постійної технологічної колії

протектора шини об опорну поверхню у зоні контакту. Щоб зменшити коефіцієнт f_k при русі ширококоліїного агрозасобу по ґрунтовому сліду постійної технологічної колії, необхідно прагнути формувати її як недеформовану поверхню. При коченні колеса спеціалізованого агрозасобу по такій твердій і щільній опорній поверхні опір його коченню щонайменший.

На підставі зазначеного вище впливає, що коефіцієнт опору коченню колеса спеціалізованого ширококоліїного агрозасобу по ґрунтовому сліду постійної технологічної колії досить точно можна оцінити за величиною її твердості. Це дає можливість встановити взаємозв'язок параметрів самого колеса агрозасобу, фізико-механічних властивостей ґрунтового сліду постійної технологічної колії із показниками слідоутворення. Для цього скористаємося залежністю Гранвуане-Горячкіна [8] щодо визначення величини коефіцієнта опору коченню:

$$f_k = 0,86 \cdot \left[\frac{G_N}{k_r \cdot b_0 \cdot D_0^2} \right]^{\frac{1}{3}}, \quad (4)$$

де k_r — коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, $\text{Н} \cdot \text{м}^{-3}$; D_0 , b_0 — статичний діаметр і ширина шини колеса відповідно, м.

Прирівняємо залежності (2) і (4). В результаті отримаємо:

$$0,86 \cdot \left[\frac{G_N}{k_r \cdot b_0 \cdot D_0^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,0247 \cdot \text{Н}^2 - 0,2093 \cdot \text{Н} + 0,499. \quad (5)$$

З отриманої рівності (5) визначаємо величину коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту:

$$k_r = \frac{0,636 \cdot G_N}{b_0 \cdot D_0^2 \cdot (0,0247\text{Н}^2 - 0,2093\text{Н} + 0,499)^3}. \quad (6)$$

Підставивши значення параметрів D_0 і b_0 шин 9.5R32 агрозасобу, а також величину нормального вертикального навантаження G_N , що діє на його колесо, у вираз (6), отримуємо аналітичну залежність, яка встановлює зв'язок між коефіцієнтом k_r об'ємного зминання ґрунту в слідах постійної технологічної колії з її твердістю Н (рис. 6).

З аналізу графічної залежності, наведеної на рис. 6, випливає, що зі збільшенням твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії з 2,5 до 4,0 МПа інтенсивно збільшується і величина коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту, а саме з 4,0 до 45,0 МПа. За подальшого збільшення твердості ґрунтового сліду зростання коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту майже не спостерігається.

Графічна залежність, представлена на рис. 6, дуже зручна для непрямої аналітичної оцінки величини k_r за показником твердості Н ґрунтового сліду постійної технологічної колії. Сама методика визначення коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту дещо складніша, ніж визначення її твердості.

На підставі результатів проведеного дослідження встановлено, що непряма оцінка коефіцієнтів опору коченню коліс агрозасобу по слідах постійної технологічної колії і об'ємного зминання ґрунту за величиною її твердості досить точна. Це дає можливість за необхідності визначати показники аналітичним шляхом (згідно

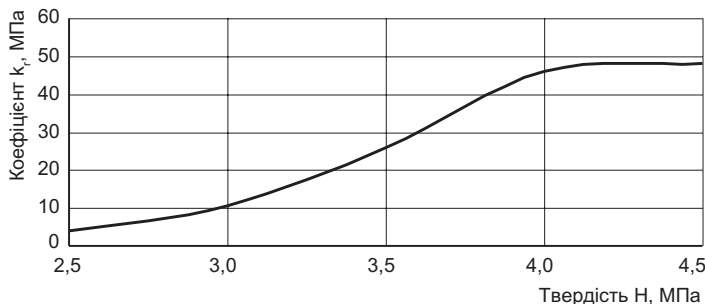


Рис. 6. Залежність коефіцієнта k_r об'ємного зминання ґрунту від твердості Н сліду постійної технологічної колії

з залежностями (2) і (6)) за експериментально виміряною величиною лише твердості

ґрунтового сліду постійної технологічної колії.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що фізико-механічні властивості ґрунтового сліду постійної технологічної колії істотно впливають на витрати енергії на подолання сил опору коченню коліс спеціалізованого ширококолісного агрозасобу. Зі збільшенням вологості ґрунтового сліду з 10 до 45% коефіцієнт опору коченню його коліс зростає із 0,06 до 0,1, що становить 66%. А оскільки витрати потужності ширококолісним агрозасобом на подолання сил опору коченню його коліс при русі пропорційні величині f_k , то на стільки ж відсотків зростають і витрати енергії.

Зі збільшенням твердості від 2,8 до 4,5 МПа і щільності з 1,3 до 1,6 г·см⁻³ ґрунтового сліду постійної технологічної колії коефіцієнт опору коченню коліс агрозасобу при русі по ній зменшується з 0,1 до 0,06. При цьому кореляційний зв'язок твердості ґрунтового сліду з коефіцієнтом опору коченню агрозасобу сильніший ($R^2=0,9395$), ніж зв'язок щільності ґрунтового сліду з ним ($R^2=0,8419$). Це дає можливість досить точно аналітично

визначати вказані показники кочення колеса спеціалізованого ширококолісного агрозасобу і витрати потужності на кочення, а також показники слідоутворення аналітичним шляхом лише за експериментально виміряною величиною твердості ґрунтового сліду.

Зі збільшенням твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії з 2,5 до 4,0 МПа інтенсивно зростає і величина коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту — з 4,0 до 45,0 МПа. За подальшого збільшення твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії зростання коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту майже не спостерігається.

Для зменшення коефіцієнта опору коченню коліс спеціалізованого ширококолісного агрозасобу при його русі по ґрунтовому сліду постійної технологічної колії необхідно прагнути формувати її як недеформовану опорну поверхню. При русі по такій твердій і щільній опорній поверхні опір коченню колеса агрозасобу має щонайменше значення.

Adamchuk V.¹, Bulgakov V.², Kuvachov V.³, Holovach I.⁴, Ihnatiev Ye.⁵

¹NSC «Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture», 11 Vokzalna Str., Hlevakha township, Vasytkiv district, Kyiv oblast, 08631, Ukraine, ²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine, ³Tavria State Agrotechnological University named after Dmytro Motornyi, 18 B. Khmelnytskoho Ave., Melitopol, Zaporizhzhia oblast, 72312, Ukraine; e-mail: ¹vadamchuk@gmail.com, ²vbulgakov@meta.ua, ³kuvachoff@ukr.net, ⁴holovach.iv@gmail.com, ⁵yevhen.ihnatiev@tsatu.edu.ua; ORCID: ¹0000-0003-0358-7946, ²0000-0003-3445-3721, ³0000-0002-5762-256X, ⁴0000-0003-1387-4789, ⁵0000-0003-0315-1595

Research of rolling of engines of bridge-type agricultural tools on the trace of a constant technological track

Goal. To study the correlation between the indicators of physicomchanical properties of the

soil trace of the constant technological track and their influence on the traction properties of the bridge agricultural tool. **Methods.** Experimental studies were conducted according to generally accepted and developed methods and involved the use of modern control and measuring equipment. **Results.** As the dimensionless criterion for assessing the rolling of the wheel of a specialized wide-track agricultural tool, taking into account its tangential force and resistance, the coefficient f_k of its rolling resistance is taken in the work. Based on experimental researches and processing of the received data on the personal computer analytical expressions of regressive dependences of the coefficient of rolling resistance of wheels on humidity, hardness, and density of a trace of a constant technological track are created and their graphic charts are constructed. The results of experimental studies have shown that the physicomchanical properties of the soil in the traces of a constant technological track and the coefficient of rolling resistance of agricultural tools

have a fairly high correlation. **Conclusions.** As a result of the carried out researches, it is established that the physicomechanical properties of a soil trace of a constant technological track essentially influence energy expenses on overcoming forces of resistance to the rolling of wheels of agricultural tools. With an increase in the soil of moisture of the permanent technological track from 10 to 45%, the coefficient of rolling resistance increases from 0.06 to 0.1 (66%). And since the charges of power to overcome the forces of resistance during motion are proportional to the value of f_k , the same percentage increases in energy consumption. With increasing hardness from 2.8 to 4.5 MPa and density from 1.3 to 1.6 g·cm⁻³ of the soil trace, the rolling resistance coefficient of the wheels of the agricultural tool decreases from 0.1 to 0.06.

Also, with the increase in the hardness of the soil trace of the constant technological track from 2.5 to 4.0 MPa, the value of the coefficient of volumetric crushing of the soil — from 4.0 to 45.0 MPa. With the further increase in the hardness of the soil trace, the coefficient of volumetric shrinkage of the soil almost does not increase. To reduce the coefficient of rolling resistance of the wheels when moving on the ground track of a constant technological track, it is necessary to form it as an undeformed bearing surface, then the rolling resistance has the least value.

Key words: traction properties, monitoring of properties, density, hardness, rolling resistance, experimental researches.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202010-07>

Бібліографія

1. Onal I. Controlled traffic farming and wide span tractors. *Agricultural Machinery Science*. 2012. V. 8, № 4. P. 353–364.
2. Pedersen H.H., Oudshoorn F.W., McPhee J.E. Wide span — re-mechanising vegetable production. *XXIX International horticultural congress on horticulture: sustaining lives, livelihoods and landscapes: international symposia on the physiology of perennial fruit crops and production systems and mechanisation, precision horticulture and robotics Book Series: Acta Horticulturae*. 2016. V. 1130. P. 551–557. doi: 10.17660/actahortic.2016.1130.83
3. Bulgakov V., Adamchuk V., Kuvachov V. et al. Study of effectiveness of controlled traffic farming system and wide span self-propelled gantry-type machine. *Research in Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 64(1). P. 1–7. doi: 0.17221/19/2017-RAE
4. Chamen W.C.T. A new methodology for weed control and cereal crop production based on wide span vehicles and precision guidance: Biotrac. Processing 4th EWRS workshop on physical weed control (20–22 March 2000). Netherlands, 2000. P.51–55.
5. Надикто В. Колійна технологія землеробства. *Farmer*. 2011. № 1. С. 22–23.
6. Надикто В.Т., Гойчук А.Ф., Кюрчев В.М. Перспективи впровадження колійної системи землеробства на Україні. *Науковий вісник НАУ*. 2006. Вип. 92. С. 38–43.
7. Bulgakov V., Kuvachov V., Ivanovs S. et al. Research of properties of constant technological track of a bridge-type field machine. *TECHNOFORUM 2020 «New Trends in Machinery and Technologies for Biosystems»*. 2020. P. 26–33.
8. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства: учебник. Москва: НИЦ ИНФРА, 2015. 506 с.
9. Кувачов В.П. Аналіз методик визначення глибини технологічної колії для випадку її прокладання на ґрунті колесами енергозасобу. *Праці ТДАТУ*. 2011. Вип. 11, Т. 1. С. 96–103.
10. Васильев С.И. Совершенствование методики и технических средств горизонтального измерения твердости почвы с внедрением технологии координатного земледелия: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01. Пенза, 2007. 19 с.
11. Bulgakov V., Kuvachov V., Olt J. Theoretical study on power performance of agricultural gantry systems. *Proceedings 30th DAAAM International symposium «Intelligent manufacturing and automation» (23–26th October 2019, Zadar, Croatia)*. DAAAM International. Vienna, Austria, 2019. P. 0167–0175. doi: 10.2507/30th.daaam.proceedings.022
12. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Кувачов В.П., Головач І.В., Ігнат'єв Є.І., Черниш О.М. Дослідження властивостей постійної технологічної колії, яку використовують при мостовому землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 8. С. 62–68. doi: 10.31073/agrovisnyk202008-08