

**УНІВЕРСАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ ТА КОЕФІЦІЄНТА ОПОРУ КОЧЕННЮ ТРАКТОРА**

**А. В. Сасенко**, старший викладач, Сумський національний аграрний університет

Стенд належить до пристроїв, за допомогою якого визначають коефіцієнт зчеплення тракторних шин з ґрунтом, коефіцієнт опору коченню трактора, коефіцієнт буксування колісних рушіїв трактора.

**Ключові слова:** стенд, колісний рушій трактора, коефіцієнт зчеплення, коефіцієнт опору коченню, коефіцієнт буксування рушіїв трактора.

**Постановка проблеми.** В сучасному сільськогосподарському виробництві при комплектуванні ґрунтообробних агрегатів виникають питання, який трактор використовувати з конкретною сільськогосподарською машиною, або навпаки, яку сільськогосподарську машину використовувати з конкретним трактором. Найчастіше в умовах виробництва цю задачу вирішують методом

спроб і помилок. **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Якщо відоме тягове зусилля, необхідне для переміщення сільськогосподарської машини, підібрати трактор з відповідними характеристиками розрахунковим шляхом можливо, відповідно до алгоритму (рис. 1) [2].

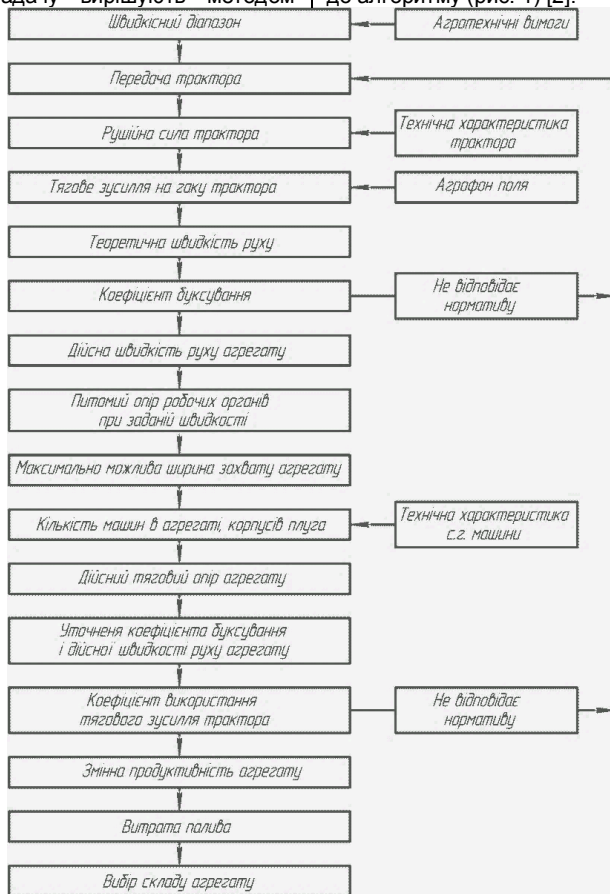


Рис. 1. Послідовність виконання розрахунку складу агрегату.

Розрахунок агрегату відповідно алгоритму проводять за наступною методикою. Рушійна сила трактора, кН;

$$P_{руш} = \frac{9,74 \cdot N_n \cdot \eta_m \cdot i_{тр}}{n_n \cdot r_k} \quad (1)$$

де  $N_n$  – номінальна потужність двигуна, кВт;

Вісник Сумського національного аграрного університету

$\eta_m$  – механічний ККД трансмісії трактора;  
 $i_{mp}$  – передаточне число трансмісії трактора на даній передачі;

$n_n$  – номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна трактора,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$r_k$  – радіус кочення ведучого колеса трактора, м.

Радіус кочення ведучого колеса, м:

$$r_k = 0,0254[0,5d + (0,8 \dots 0,85)b], \quad (2)$$

де  $d$  і  $b$  – відповідно посадочний діаметр і ширина профілю шини в дюймах;

(0,8...0,85) – коефіцієнт деформування шини ведучого колеса.

Тягове зусилля на гаку трактора, кН;

$$P_T = P_{пуш} \cdot G_T (f \cos \alpha \pm \sin \alpha) \quad (3)$$

де  $G_T$  – експлуатаційна вага трактора кН;

$f$  – коефіцієнт опору коченню;

$\alpha$  – кут нахилу поля, градусів.

Теоретична швидкість руху трактора без врахування буксування рушіїв, км/год;

$$V = 0,377 \frac{n_n \cdot r_k}{i_{mp}} \quad (4)$$

Відносна сила тяги трактора, яка визначається за формулою:

$$P = \frac{P_T}{\phi \lambda_k G_T} \quad (5)$$

де  $\phi$  – коефіцієнт зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом;

$\lambda_k$  – коефіцієнт використання зчіпної ваги трактора.

Коефіцієнт буксування:

$$\delta = ap + bp^c \quad (6)$$

де  $a, b, c$  – безрозмірні коефіцієнти залежать від типу трактора і ґрунтових умов, для колісних тракторів приймають:  $a = 0,2$ ;  $b = 0,8$ ;  $c = 8$ .

Дійсна швидкість руху трактора, км/год:

$$V_p = V(1 - \delta) \quad (7)$$

Питомий опір робочих органів при заданій швидкості визначається за формулою, кН/м:

$$K = K_1(1 + dK(V_p^c - V_1^c)), \quad (8)$$

де  $K_1$  – питомий опір при  $V_1^c = 5$  км/год, кН/м;

$dK$  – коефіцієнт, що враховує збільшення питомого опору,  $\text{год}^2/\text{км}^2$ ,

$c$  – показник степеня модуля швидкості.

Максимальна можлива ширина захвату агрегату, м:

$$B_{max} = \frac{(P_T - R_{сц})}{K}, \quad (9)$$

де  $P_T$  – кривоке зусилля трактора на даній

передачі, кН;

$R_{сц}$  – опір зчіпки, кН;

Опір зчіпки, кН:

$$R_{сц} = f \cdot G_{сц}, \quad (10)$$

де  $G_{сц}$  – вага зчіпки, кН;

$f$  – коефіцієнт опору коченню.

Кількість машин в агрегаті:

$$n = \frac{B_{max}}{b}, \quad (11)$$

де  $b$  – ширина захвату однієї машини, м.

Дійсна ширина захвату агрегату, м:

$$B_{дійсн} = n \cdot b, \quad (12)$$

Тяговий опір агрегату:

$$R = K \cdot B_k \cdot \beta + R_{сц}, \quad (13)$$

де  $K$  – питомий опір, кН/м;

$B_k$  – конструктивна ширина захвату машини, м;

$R_{сц}$  – опір зчіпки, кН;

$\beta$  – коефіцієнт використання ширини захвату.

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$t = \frac{R}{P_T} \quad (14)$$

де  $P_T$  – тягове (гакове) зусилля трактора на заданій передачі, кН.

Годинна продуктивність агрегату, га/год:

$$W = 0,1 \cdot B_{дійсн} \cdot V_p \cdot \tau, \quad (15)$$

де  $V_p$  – швидкість руху агрегату, км/год;

$\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни.

Змінна продуктивність агрегату, га/зм:

$$W_{зм} = W \cdot t_{зм}, \quad (16)$$

де  $t_{зм}$  – час зміни, год.

Витрата палива на гектар, кг/га:

$$Q = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_z \cdot T_z}{W_{зм}}, \quad (17)$$

де  $G_p, G_x, G_z$  – годинна витрата палива двигуном трактора при роботі, холостих переїздах і зупинках відповідно, кг/год;

$T_p, T_x, T_z$  – час роботи агрегату, холостих переїздів і зупинок відповідно, год.

Розрахункові методи визначення коефіцієнта опору коченню та коефіцієнта зчеплення ґрунтуються на аналізах процесів взаємодії коліс з ґрунтом і потребують збору і обробітку значної кількості інформації про ґрунт і шину. Нажаль застосування емпіричних формул не дає достатньої точності розрахунків у зв'язку з широкими межами значень коефіцієнтів зчеплення  $\phi$  та опору коченню  $f$  для певного агрофону в довідковій літературі.

З цієї ж причини не можливо розрахунковим шляхом з достатньою точністю спрогнозувати і коефіцієнт буксування рушіїв трактора  $\delta$ .

Відомий спосіб визначення коефіцієнта опору коченню та коефіцієнта зчеплення для конкретного агрофону, який виконується за схемою зображеною на рис.2.[1]

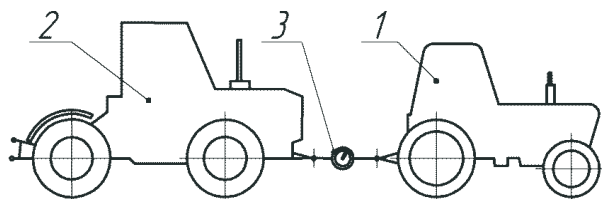


Рис. 2. Схема випробувань при визначенні показників тягово-зчіпних властивостей:  
1 і 2 – трактори; 3 – динамометр.

Для визначення коефіцієнта опору коченню вимірюють зусилля буксирування трактора 2 трактором 1. Для визначення коефіцієнта зчеплення трактор 2 загальмовують, імітуючи тягове зусилля.

Даний спосіб вимагає значних затрат часу та наявності вимірювальної техніки і тому для сільськогосподарських підприємств неприйнятний.

**Формулювання цілей статті.** Аналізуючи вищесказане, було вирішено розробити стенд для визначення для певного агрофону дослідним шляхом коефіцієнта зчеплення, коефіцієнта опору

коченню, коефіцієнта буксування колісних рушіїв трактора.

**Виклад основного матеріалу досліджень**

Запропонований стенд дозволяє для певного агрофону дослідним шляхом визначити з достатньою точністю значення:

- коефіцієнта зчеплення  $\varphi$ ;
- коефіцієнта опору коченню  $f$
- коефіцієнта буксування рушіїв трактора  $\delta$ .

За допомогою стенда можливе визначення залежності перелічених параметрів від тиску повітря в шині та величини її зношування.

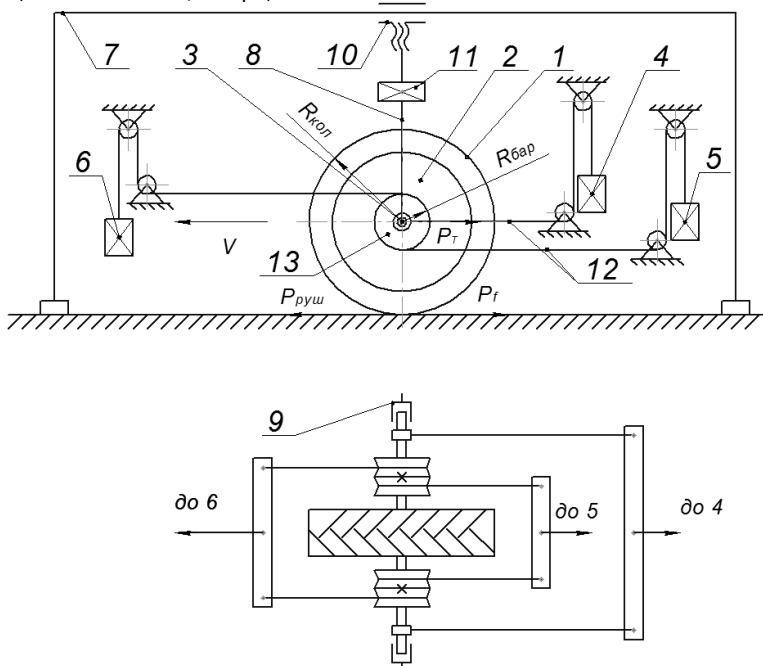


Рис. 3. Універсальний стенд: 1 – шина колеса, 2 – диск колеса, 3 – вал, 4, 5, 6, 11 – вантажі, 7 – рама; 8 – гвинт, 9 – опори вала, 10 – направляюча, 12 – троси; 13 – барабани.

Стенд складається з рами 7, яка опирається на ґрунт. До рами закріплені на пружинах направляючі, в яких рухаються опори 9 вала 3. До рами також закріплена направляюча 10. На валу через маточину закріплена шина 1 з диском 2. На валу по обидві сторони від маточини закріплені барабани 13. На барабан намотані троси 12, що ведуть до вантажів 5 та 6. Також, через підшип-

никовий вузол, до вала приєднані троси, які з'єднані з вантажем 4.

Для визначення параметрів стенд встановлюють на ґрунт в лабораторних (ґрунтовий канал) або польових умовах.

Коефіцієнт опору коченню визначають встановивши певну величину вантажу 11 (або імітують його величину гвинтом 8) і одночасно

Вісник Сумського національного аграрного університету

збільшуючи величину вантажів 5 та 6 до початку руху колеса, вантаж 4 та трос до нього знятий. Величина крутного моменту, створеного вантажами 5 та 6 прямо пропорційна силі опору коченню  $P_f$  (тертям в підшипниках опор тросів нехтуємо), і відповідно коефіцієнту опору коченню  $f$ .

Очевидно, що початок руху колеса відповідає нерівності:

$$P_{руш} \geq P_f \quad (18)$$

де -  $P_{руш}$  – рушійна сила, створена вантажами 5 та 6, Н;

$P_f$  – сила опору коченню, зумовлена деформаціями шини та ґрунту, Н.

Рушійна сила, Н:

$$P_{руш} = \frac{(G_5 + G_6)R_{бар}}{R_{кол}} \quad (19)$$

де -  $G_5, G_6$  – сила тяжіння вантажів 5 та 6 відповідно, Н;

$R_{бар}$  – радіус барабана 13, м;

$R_{кол}$  – радіус колеса м.

Сила опору коченню, Н:

$$P_f = G_{11} \cdot f \quad (20)$$

де -  $G_{11}$  – сила тяжіння вантажу 11, Н;

$f$  – коефіцієнт опору коченню.

Тоді:

$$f = \frac{(G_5 + G_6)R_{бар}}{R_{кол} \cdot G_{11}} \quad (21)$$

Для визначення коефіцієнта зчеплення встановлюють певні величини вантажів 11 та 4 і поступово одночасно збільшують величину вантажів 5 та 6. Визначають величину рушійної сили  $P_{руш}$  як суму сили опору коченню  $P_f$  та тягового (гакового) зусилля  $P_T$ . Рушійна сила прямо пропорційна величині коефіцієнту зчеплення  $\varphi$ .

Початок руху колеса відповідає нерівності:

$$P_{руш} \geq P_f + P_T \quad (22)$$

де -  $P_{руш}$  – рушійна сила, створена вантажами 5 та 6, Н;

$P_f$  – сила опору коченню, зумовлена деформаціями шини та ґрунту, Н

$P_T$  – тягове зусилля, створене вантажем 4, Н.

$P_{руш}$  та  $P_f$  – визначаємо за формулами (19) та (20).

Звідси:

$$P_T = P_{руш} - P_f \quad (23)$$

Враховуючи що:

$$P_T = G_{11} \cdot \varphi, \quad (24)$$

та (19), (20) і (21) маємо:

$$\varphi = \frac{f \cdot G_{11} + G_4}{G_{11}} = f + \frac{G_4}{G_{11}} \quad (25)$$

Для визначення коефіцієнта буксування необхідно встановити відповідну величину вантажів 11, які створюють вертикальне навантаження на колесо, 5 та 6, які створюють крутний момент, та 4, який створює (імітує) тягове зусилля. За таких умов колесо повинне пройти шлях у межах рами, який відповідає не менше ніж двом оборотам колеса. На ґрунті встановлюють дві позначки. Перед початком руху колеса в самій нижній його точці ставлять мітку. Перший прохід виконують з гаковим навантаженням. Після зупинки колеса біля другої позначки визначають кількість обертів колеса або кут повороту колеса навколо осі за весь шлях. Повертають колесо на початкове положення до першої позначки. Другий прохід між позначками колесо проходить без тягового навантаження і при цьому також визначають кількість обертів або кут повороту.

Коефіцієнт буксування визначають за формулою:

$$\delta = \frac{n_p - n_x}{n_p} = \frac{\theta_p - \theta_x}{\theta_p}, \quad (26)$$

де -  $n_p$  та  $n_x$  – кількість обертів колеса на шляху між позначками при тяговому навантаженні і без відповідно;

$\theta_p$  та  $\theta_x$  – кут повороту колеса на шляху між позначками при тяговому навантаженні і без відповідно.

**Висновки:** Запропонований стенд дозволяє для певного агрофону дослідним шляхом визначати з достатньою точністю значення: коефіцієнта зчеплення  $\varphi$ ; коефіцієнта опору коченню  $f$ ; коефіцієнта буксування рушіїв трактора  $\delta$ . За допомогою стенда можливе визначення залежності перелічених параметрів від тиску повітря в шині та величини її зношування.

#### Список використаної літератури:

1. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів: Навчальний посібник для вузів / І. І. Водяник. - Київ: Урожай, 1994. 224 с.
2. Орманджи К.С. Операционная технология уборки колосовых культур. / Орманджи К.С., Барабаш Г.И. – М.: Росельхозиздат, 1983.-112 с.

#### Саенко А.В. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ ТРАКТОРА

Стенд относится к устройствам с помощью, которого определяют коэффициент сцепления тракторных шин с почвой, коэффициент сопротивления качению трактора, коэффициент буксования колесных движителей трактора.

**Ключевые слова:** стенд, колесный движитель трактора, коэффициент сцепления, коэффициент сопротивления качению, коэффициент буксования движителей трактора.

## **Saenko A.V. UNIVERSAL STAND FOR DEFINITION OF COEFFICIENT OF FRICTION AND COEFFICIENT OF ROLLING RESISTANCE OF THE TRACTOR**

Stand refers to devices using, determine the coefficient of friction tractor tires with soil coefficient of rolling resistance of the tractor, the ratio of slipping wheel elements of the tractor.

In modern agricultural production with acquisition of soil-cultivating units questions arise as to what tractor to use with a particular agricultural machine, or Vice versa, which agricultural machine to use with a particular tractor. Often in a production environment, this problem is solved by trial and error.

Calculation methods of determination of coefficient of rolling resistance and coefficient of friction are based on the analyses of processes of interaction of wheels with the soil and require the collection and processing of a significant amount of information about the soil and the tire. Empirical formulas do not provide sufficient accuracy of calculations in connection with a wide range of values of coefficients of adhesion  $\varphi$  and rolling resistance  $f$  for a given agricultural conditions found in the literature.

The proposed stand allows for a specific soil fertility empirically to determine with sufficient accuracy the value:

- the coefficient of friction  $\varphi$  ;
- coefficient of rolling resistance  $f$
- coefficient of slipping propulsion of the tractor  $\delta$ .

With the stand it is possible to determine based on the listed parameters of the air pressure in the tire and the magnitude of wear and tear.

The stand consists of a frame that rests on the ground. To the frame is fixed on the spring rails, in which the moving support shaft. On the shaft through the hub fixed the tire with the disc. On the shaft on both sides of the hub of the fixed drums. On the drum are wound the cables leading to the loads.

To determine the parameters of the stand set on the soil in the laboratory or in the field.

Create a force which presses the wheel to the ground. The rolling resistance coefficient is determined by setting a certain amount of cargo, which through the pulley creates a torque on the wheel. Increase the value of the goods before the movement of the wheel. The amount of torque created by the load, is directly proportional to the force of rolling resistance  $P_f$ , and accordingly, the rolling resistance coefficient  $f$ .

To determine the coefficient of friction set the vertical wheel load and simulate the torque and traction.

**Keywords:** stand, wheel mover tractor, traction coefficient, rolling resistance coefficient, coefficient of slipping propulsion of the tractor.

Стаття надійшла в редакцію: 06.10.16

Рецензент: д.т.н., проф.Подригало М.А.

УДК 631.316.022.4

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ**

**С.І. Бондарєв**, к.т.н., доцент,

**Б.В. Котяй**, студент

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Проведено цикл досліджень пов'язаний з визначенням якісних та енергетичний показників роботи ґрунтообробної техніки при збільшенні затуплення кромки їх робочих органів.

**Ключові слова:** ґрунтообробна техніка, обробіток ґрунту, зношення робочих органів, якість обробітку ґрунту, витрати на обробіток ґрунту.

**Постановка проблеми.** Швидке зношення робочих органів машин для обробітку ґрунту погіршує як енергетичні, так і якісні показники їх роботи. Додаткові енергетичні витрати, які виникають внаслідок зношення робочих органів, можуть сягати 20-25% від базових витрат, а також вони являються відчутним тягарем фінансових витрат при обробітку ґрунту. Але суттєвими втратами в даному випадку є погіршення якості обробітку ґрунту, яке призводить до втрат врожаю від 15 до 25% при типових погодних умовах. Отже, основним завданням виконаних досліджень передбачено визначення допустимі величини зношення робочих органів

ґрунтообробних машин (культиваторні лапи), при якій якісні показники роботи машин знаходяться в діапазоні відхилень від агротехнічних вимог вирощування сільськогосподарських культур.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Культиватори відносяться до найбільш поширених ґрунтообробних машин. Основними робочими органами культиваторів є стрілочасті лапи, які використовуються як для передпосівного обробітку, так і для догляду за рослинами в процесі їх вегетації. Головною вимогою до роботи культиваторних лап є забезпечення якісного виконання технологічного процесу при можливо мінімальних енерговитратах.

Вісник Сумського національного аграрного університету