

## **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  $Pf$ , 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 ҐРУНТООБРОБНОЇ 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 енергетичних 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 допустимої величини зношення робочих органів ґрунтооб-

робних 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.

Для визначення допустимого спрацювання, яке можна виразити обробленою площею або пройденим шляхом, необхідно знати, як впливає ступінь спрацювання на основні показники роботи лап. Наявність такої інформації дозволить обґрунтувати оптимальний наробіток лап до заміни його на інший новий (відновлений) комплект, тобто найбільш ефективно використати культиваторні лапи, що і підтверджує актуальність досліджень.

**Формулювання цілей статті.** За умов, які склались в Україні за останні роки щодо використання засобів хімічного захисту рослин для вирощування більшості сільськогосподарських культур, питання екології і вирощування екопродуктів (особлива категорія - діти і алергіки) стає все більш актуальним не лише в нашій країні, але й за кордоном. Тому, заміна засобів захисту рослин на «механічний догляд» за посівними площами являється єдиним правильним вибором. Отже, основною метою роботи є підвищення ефективності роботи культиваторних стрілочастих лап шляхом визначення допустимого наробітку при якому агротехнічні вимоги не порушуються.

**Результати досліджень.** Питанню взає-

модії робочих органів з ґрунтом присвячені відомі дослідження Горячкіна В.П., Желиговського В.А., Сінеокова Г.Н., Мацелуро М.Н., Зеленіна А.Н., Кушнарєва А.С., Демидка М.О., Дубровіна О.В., Гукова Я.С., Шевченко І.А., Сидорчука О.В. та ряду інших дослідників. Аналіз вивчених робіт свідчить, що вплив спрацювання на тяговий опір досліджували, як аналітично, так і експериментально. Отже, теоретично розглянуті два підходи: перший, профіль спрацьованого леза лапи замінювали верхньою та нижньою (затильною) фасками; другий, а профіль приймали, як частину дуги кола вписаного в профіль леза. Відповідно до першого підходу - процес, який відбувається у результаті взаємодії верхньої фаски з ґрунтом за Горячкіним В.П., Сінеоковим Г.М. та їх послідовниками полягає в наступному. На шляху / відбувається зминання ґрунту. При досягненні сили опору певної величини скиба відривається. Середній опір визначається через роботу зминання на шляху / поділений на сумарний шлях  $l+L$ . Опір нижньої фаски дорівнює опору зминання. Нормальна сила визначається рівнянням, а горизонтальні складові опору рівняннями, відповідно яких побудовані графічні залежності (рис. 1).

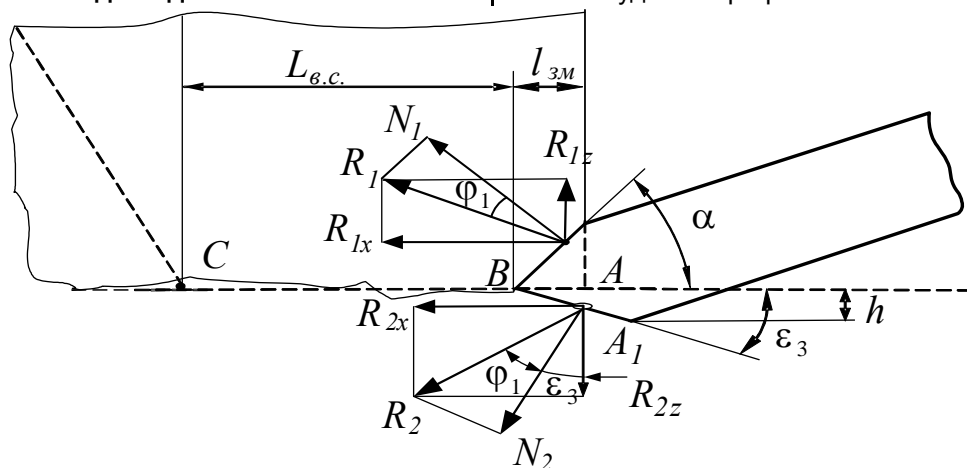


Рис. 1. Схема сил, що діють на верхню та затильну фаски двогранного клину

$$P_{cp} = \frac{A_{зм}}{L_{г.с.} + l_{зм}} \quad (1)$$

$$N_2 = \frac{qbh^2 \cdot \sin(\epsilon_3 + \varphi_1)}{2 \cdot tg \epsilon_3} \quad (2)$$

$$R_{x1} = \frac{q_{зм} b l_{зм}^3 \cdot tg \alpha \cdot \sin(\alpha + \varphi_1)}{6(L_{г.с.} + l_{зм}) \cos \varphi_1} \quad (3)$$

$$R_{x2} = \frac{q_{зм} b h^2 \cdot \sin(\epsilon_3 + \varphi_1)}{2 tg \epsilon_3 \cos \varphi_1} \quad (4)$$

де  $q_{зм}$  – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту,

$H/cm^3$ ;  $\varphi_1$  – кут тертя;  $b$  - ширина захвату клину, см;  $l_{зм}$  - шлях деформації, см;  $L$  - довжина скиби, см;  $\alpha$  - кут верхньої площини фаски;  $\epsilon_3$  - кут нижньої площини фаски;  $h$  - висота затильної фаски

Варто зазначити, що у роботах інших дослідників враховувався опір лише нижньої фаски. Опір тригранному клину визначений через сили тертя, нормальні сили та напрямні косинуси (рис. 2).

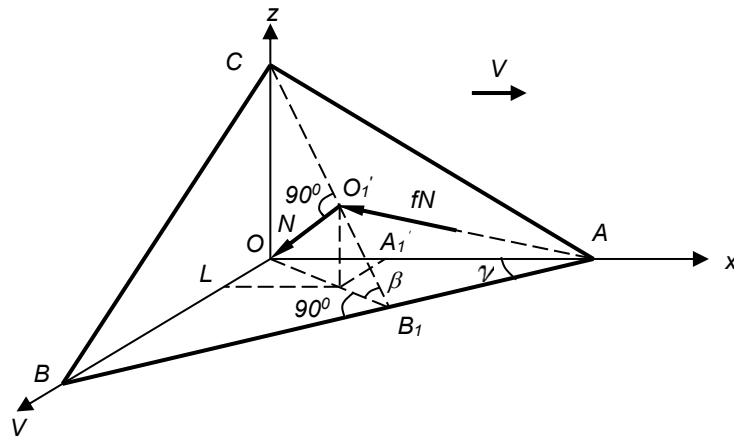


Рис. 2. Схема тригранного клину та розподіл діючих сил

$$R_{1x} = \frac{q_{3M} \cdot b \cdot l_{3M}^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{6 \cdot (L_{6.c.} + l_{3M}) \cos \varphi \cdot \sin \gamma} \left( \sin \alpha \cdot \sin \gamma + \frac{f_1 (\sin^2 \alpha \cdot \sin^2 \gamma - 1)}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \cdot \sin^2 \gamma}} \right) \quad (5)$$

$$R_{2x} = \frac{q_{3M} \cdot b \cdot h^2}{2 \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_3 \cdot \sin \gamma} \left( \sin \varepsilon_3 \cdot \sin \gamma + \frac{f_1 (\sin^2 \varepsilon_3 \cdot \sin^2 \gamma - 1)}{\sqrt{1 - \sin^2 \varepsilon_3 \cdot \sin^2 \gamma}} \right) \quad (6)$$

де  $q_0$  - коефіцієнта об'ємного зминання при швидкості близькій до нуля;  $k_q$  - коефіцієнт пропорційності, Н с/см<sup>3</sup> м;  $V$  - швидкість переміщення

Нижче приведена схему з розподілом сил і аналітичну залежність опору від основних пара-

метрів, коли форму спрацьованого леза приймали у вигляді кола вписаного в профіль кромки леза. Опір леза залежить від радіуса леза  $r$ , питомого опору стиснення  $\sigma_c$ , кута тертя  $\varphi_n$  та кута розтину  $\gamma$  (рис. 3).

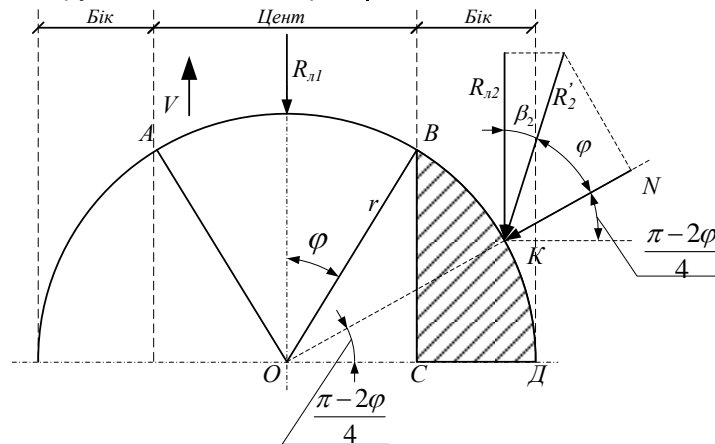


Рис. 3. Схема до визначення опору лезу профіль якого приведений до кола

Де сумарний опір лезу можна визначити як

$$R_L = 2rb\sigma_c \sin \varphi + \frac{r^2 b q_{3M} (\pi - 2\varphi - \sin 2\varphi) \cos \left( \frac{\pi - \varphi}{4} \right)}{2 \cos \varphi} \quad (7)$$

Слід відмітити, що ця модель застосовується дослідниками в основному при різанні матеріалів рослинного походження.

Умови підрізання коренів бур'янів досліджували теоретично і експериментально. Розглянемо схему процесу (рис. 4).

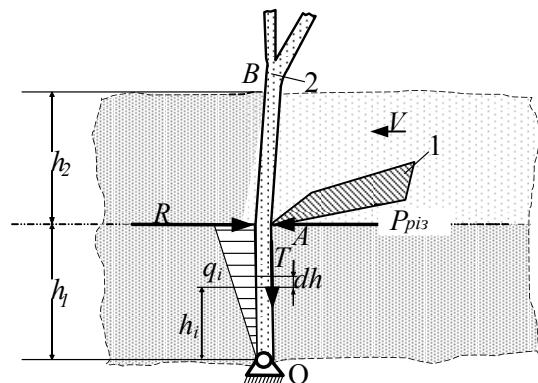


Рис. 4. Схема до аналізу процесу підрізання коренів бур'янів

Культиваторна лапа 1 переміщується на глибині  $h_2$ . Дія кромки леза лапи  $P_{різ}$  на корінь спричиняє виникнення сили опору  $R$ . При переміщенні лапи сила опору  $R$  зростає й досягає величини, яка забезпечує розрізання кореня. Остаточне руйнування коренів відбувається при умові  $R \geq P_{різ}$ . Для визначення сили  $R$  нижню частину кореня приймали за жорсткий важіль із шарніром у точці  $O$ , а опір ґрунту – пропорційним переміщенню кореня, у цьому випадку інтенсивність опору  $q_i$  матиме лінійну залежність від висоти  $h$ . У точці  $O$   $q_i = 0$ , а у точці  $A$  –  $q_i = q_{i\max}$ . На довільній висоті  $h$  інтенсивність опору визначиться:

Елементарний момент сили опору на ділянці  $dh$  визначається рівнянням (для  $R_1$ ):

$dM_1 = h \cdot q_1 \cdot dh$ , де  $q_1$  – інтенсивність опору.

Після інтегрування для нижньої частини

$$M_1 = \frac{1}{3} q_{\max} \cdot h_1^2, \quad (8)$$

цей момент дорівнює  $M_R = R_1 h_1$ , звідки

$$R_{h1} = \frac{1}{3} q_{i\max} h_1; \quad R = \frac{1}{3} q_{i\max} h_1 \quad (9)$$

Інтенсивність опору ґрунту  $q$  можна визначити через твердість ґрунту  $\rho$  та діаметр кореня  $d_k$  як  $q_{\max} = \rho \cdot d_k$ . Враховуючи дію лише центральної частини діаметру  $d_k \sin \varphi_2$

$$R = \frac{1}{3} \times d_k \cdot \rho \cdot h_1 \cdot \sin \varphi_2 \quad (10)$$

Розглянуті дві умови руйнування коренів – внаслідок зминання і розрізання (зсуву). За умови деформації коренів внаслідок зминання сила різання дорівнює

$$P_{різ} = 2r \cdot d_k \cdot \sigma_3 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \gamma, \quad (10)$$

а внаслідок зрізання (зсуву) сила різання визначиться:

$$P_{різ} = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} \times \sigma_p. \quad (11)$$

Відповідно до цих двох випадків руйнування коренів умови перерізання запишуться таким чином:

для деформації зминання:

$$\frac{1}{3} \times d_k \cdot \rho \cdot h_1 \cdot \sin \varphi_2 = 2r \cdot d_k \cdot \sigma_3 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \gamma \quad (12)$$

для деформації зрізання:

$$\frac{1}{3} \cdot d_k \cdot \rho \cdot h_1 \cdot \sin \varphi_2 = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} \times \sigma_p. \quad (13)$$

Для користування отриманим рівнянням експериментально визначені коефіцієнти тертя коренів бур'янів по матеріалу лапи (сталі) та по ґрунту, а також руйнуюче напруження  $\sigma_p$ . Визначали також руйнівне напруження розриву.

Залежність спрацювання лап культиваторів від наробітку досліджували експериментально. Для цього використовували три агрегати де на кожному культиваторі були встановлені нові комплекти лап. Агрегати працювали в однакових умовах на полях. Глибина обробітку становила 10 см. Після обробітку площі (5, 25, 45 га) кожним агрегатом комплекти лап знімали робили гіпсові відбитки профілів лез. Знос оцінювали радіусом  $r$  вписаного кола у профіль лап, висотою фаски  $h$ , та кутом нахилу затильної фаски.

За основні якісні показники нами прийнято зміну глибини культивації, рівномірність глибини ходу лап і часту не зрізаних бур'янів. Результатами досліджень встановлено, що із збільшенням радіуса леза глибина обробітку зменшується, але її можна компенсувати збільшенням установленої глибини на 1-2 см при зростанні товщини леза на 0,1 мм, після наробітку  $L=25$  км. Показники рівномірності із збільшенням спрацюванням леза погіршуються. Їх можна вважати прийнятними при збільшенні товщини леза до 0,5 мм. Ступінь підрізання бур'янів також погіршується. На робочій швидкості агрегату близько 8 км/год. допустимий радіус леза становить 0,3-0,4 мм.

Таким чином, по якісним показникам допустимий радіус леза становитиме 0,4 см, що відповідає пройдений відстані близько  $L=80$  км, що задовільно співпадає з теоретичними моделями.

Дослідження показали, що при збільшенні радіуса леза від 0,1 до 0,5 мм в діапазоні швидкостей 6...10 км/год. питомий опір зростає в середньому на 12%. Порівнюючи експериментальні дані з теоретичними виявлено, що експериментальні більше на 30...40 %. Тому, отримані рівняння доцільно використовувати для оцінки характеру впливу окремих показників.

Дослідження механічних властивостей коренів бур'янів проводили в тензометричній лабораторії. Опір різанню коренів бур'янів визначали при статичних (з підпором на стенді ТУД-5) та динамічних (на маятниковому копрі МК-0,5, при швидкостях різання 6...10 км/год) умовах. Коефіцієнт тертя визначали на спеціально виготовленій установці. Дослідження проводили на зразках бур'янів зі стрижневою кореневою системою, так як дослідження показали, що такі понад 90% бур'яни з такою кореневою системою залишаються на полі. Встановлено, що із збільшенням радіуса леза від 0,01 до 0,03 см руйнівне напруження зменшується, а потім стабілізується. Таку закономірність на нашу думку можна пояснити тим, що при меншому радіусі різання відбувається при меншому травмуванні матеріалу і, як наслідок, меншому виділенні внутрішньоклітинної рідини, яка істотно зменшує кут тертя  $\varphi_2$ .

**Висновки.** За результатами наших досліджень допустима величина радіуса зношеного леза лапи повинна знаходитися в межах 0,2...0,5

мм в залежності від ґрунтових умов. В цьому діапазоні руйнівне напруження близьке до постійного.

#### **Список використаної літератури:**

1. Бондарев, С.І. Обґрунтування оптимального міжремонтного наробітку стрілочастих лап культиваторних агрегатів [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / С. І. Бондарев.. — К., 2007. — 207 с.
2. Визначення оптимального наробітку до відновлення культиваторних лап [Текст] : зб. наук. пр. / Укр. наук.-досл. ін-т. випроб. техн. і технол. ім. Л. Погорілого. — Дослідницьке : УкрНДІПВТ, 2005. — 6 с.
3. Горячкин, В.П. Собрание починений [Текст]. Т. 3. / В.П. Горячкин. — М. : Колос , 2005. — 383 с.
4. Демидко, М.О. Аналіз процесу підрізання коренів бур'янів [Текст] / Демидко М.О., С.І. Бондарев // Науковий вісник НАУ. — 2005. - Вип. 92, ч.1. - С. 168-172.
5. Синеоков, Г.Н. Деформации, возникающие в почве под воздействием клина [Текст] / Г.Н. Синеоков. Труды ВИСХОМа / Г.Н. Синеоков. Вып. 33, Москва, Машгиз, 1962. — С. 64-74.

#### **Бондарев С.И. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ**

*Проведен цикл исследований связанный с определением качественных и энергетических показателей работы почвообрабатывающей техники при увеличении износа кромок их рабочих органов.*

**Ключевые слова:** почвообрабатывающая техника, обработка почвы, износ почвообрабатывающих рабочих органов, качество обработки почвы, расходы на обработку почвы.

#### **Bondarjev S. RESEARCH OF QUALITY AND POWER INDICATORS OF OPERATION OF THE SOIL-CULTIVATING EQUIPMENT**

*With the purpose of planning of production processes in agriculture and high-quality implementation of works on till of soil theoretical and experimental researches are conducted on optimization of soil tillage tools work on the criterion of minimum charges of facilities on additional energy, conditioned the increase of resistance at the wear of blades of paws and to their renewal.*

*Quality cultivation of the soil is one of the few basic operations that provides a high yield of crops. Cultivation of the soil is sufficiently power account operation and low wear blades working tillers organs lead to cost overruns fuel and deterioration of quality indicators of their work. As part of the research we have conducted a series of research on the study of the soil nature and the value resistance of worn blade tillage.*

*The analysis of the existing researches has shown prospects of search of the multicriteria task connected with wear optimum admissible size determination of an paws edge considering the accounting of quality and power indicators of their work.*

*Theoretical researches of process of a worn-out edge interaction of tillage tools with soil have established the tape of wear influence on the soil resistance and the mathematical description of this process is received.*

*The analysis and experimentally reasonable conditions for determination of admissible radius of an edge depending on the hardness of the soil, a breaking point of a weed, depth root of processing and the roots friction angles on an edge and soils is executed.*

**Keywords:** treatment of soil, tillage tools, soil tillage tools resource, treatment of soil of technique, optimum work, quality of soil treatment.

Стаття надійшла в редакцію: 05.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Антошевський Б.