

БАЛАНС ПОТУЖНОСТІ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЩІТКИ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ҐРУНТОМ

***А. В. Войтік, В. В. Кравченко, О. С. Пушка,
кандидати технічних наук
Уманський національний університет садівництва
e-mail: pushka79@yandex.ru***

Анотація. В статті розглянуто баланс потужності циліндричної щітки з вертикальною віссю обертання при розкритті кореневої системи маточних рослин. Проаналізовано два варіанти щіток з різними варіантами розміщення ворсу на поверхні – подинці або у пучках. Визначено продуктивність щіток відповідно до способу розміщення ворсу. Встановлено, що потужність при роботі щітки витрачається на тертя, деформацію ворсу, відокремлення частинок ґрунту та їх відкидання. Враховуючи варіанти розміщення ворсу на поверхні щіток та кінематичні параметри їх роботи – швидкість руху агрегату та колова швидкість щітки, які також залежать від способу розміщення ворсу, зроблено графічний аналіз як складових, так і загального значення потужності, необхідної для приводу щітки. Також, проведено аналіз балансу потужності залежно від типу ґрунту, яким вкривається коренева система маточних рослин, а саме його щільності.

Ключові слова: *ворс, пруток, пучок, потужність, ґрунт, продуктивність*

Постановка проблеми. Виробництво плодкових саджанців починається з вирощування підщеп. Зараз в Україні 20% саджанців вирощується за допомогою насінневого розмноження, а 80% – вегетативного розмноження. Клонові підщепи є найбільш поширеними так, як мають найбільшу врожайність, забезпечують високу продуктивність саду і застосування комплексної механізації виробництва продукції садівництва. Також потрібно брати до уваги те, що для вирощування підщеп насінневим способом є набір універсальної сільськогосподарської техніки, а для вирощування клонових підщеп така техніка тільки розробляється.

Витрати праці на вирощування 1 тис. штук клонових підщеп становлять близько 15,5 люд.-год. [1]. Такі технологічні операції як апробація маточних кущів, інвентаризація, навішування етикеток,

сортування, підрахунок, зв'язування відсадків у пучки, їх прикопка й т.п., носять організаційний специфічний характер, їхня механізація найближчим часом мало ймовірна, а загальна сума затрат праці на їхнє виконання становлять 417 люд-год./га. З іншої частини затрат праці лише приблизно 9-12% виконуються механізовано. На розкриття й відокремлення відсадків припадає майже половина (близько 52%) від загальних затрат праці протягом року.

Вирішити дану проблему можна шляхом застосування спеціальних машин з гнучкими робочими елементами, що дозволять мінімізувати пошкодження тендітної деревини клонових підщеп. Однією з таких машин є розкривач РВМ-1, але для підвищення якості його роботи потрібно обґрунтувати параметри активних щіток, які є основними робочими органами машини.

Аналіз останніх досліджень. Енергетичні та кінематичні розрахунки щіткових пристроїв викладені в роботах Гусєва Л. М. [2]. Ним розглянуто питання відкидання щіткою частинок, отримані емпіричні формули для визначення швидкостей вильоту частинок, рівних швидкості кінців ворсу щітки. Запропоновано методику розрахунку щіток підмітальних машин з капроновим ворсом, по якій пропонується визначати силу нормального тиску ворсу на поверхню, що очищається.

Визначенню основних параметрів і режимів роботи щіткових пристроїв підмітальних машин присвячені роботи Карабана Г. П. Він поділив циліндричні щітки по розташуванню ворсу на каркасі на два види [3]. У щітках першого виду ворс розміщений рівномірно, щітки другого виду зібрані з окремих звичайно шість-вісім ворсин. Ним отримано залежність для визначення кількості ворсинок, які необхідно розмістити на циліндричній щітці. Встановлено залежність вертикальної реакції на щітку, обумовлену пружними характеристиками щіткового пристрою, при максимальній величині прогину.

У роботах Буковця О. І. встановлено, що величина сумарного прогину ворсу близька до величини прогину від сил пружності, прогин від дії відцентрових сил не робить істотного впливу [4].

Ворзоніним В. А. досліджена аеродинаміка щітки, що обертається, визначені швидкість повітря в зазорі між обертовим активізатором і поверхнею ґрунту [5]. Експериментальним шляхом визначена транспортувальна здатність прутків щіток. Розгляд робочого процесу руху частинок ґрунту по поверхні змітаючого елемента показує, що кінцева швидкість їх відносного переміщення починає збільшуватися від нуля, коли частки лежать на поверхні валка, до максимальної, коли частки переміщуються по передній поверхні елемента і сходять з нього при дотриманні умови відриву. У період сходу частки з поверхні змітаючого елемента, її абсолютна

швидкість складається з відносної і переносної швидкостей. Співвідношення цих швидкостей визначає момент розвантаження елемента. У дослідженнях Михайлова А. В. розглянуто політ матеріальної точки, кинutoї щіткою під кутом до горизонту з початковою швидкістю [6]. При визначенні параметрів траєкторії руху в роботі були зроблені наступні припущення: розглядається рух ізольованої матеріальної частки без урахування впливу суміжних шарів ґрунтової маси; частинки мають плоску форму і не можуть перекочуватися; частинки рухаються ізольовано одна від одної за непересічними траєкторіями.

Мета досліджень. Застосування щіток у сільському господарстві досліджено мало. Всі основні роботи даного напрямку стосуються техніки для утримання автошляхів, міських територій та злітних смуг аеропортів. Але процес розкриття кореневої системи маточних рослин відрізняється від вищезгаданих процесів як умовами виконання, так і тим, що робочі органи взаємодіють із ґрунтом та живою рослиною, а не з асфальтовим чи бетонним покриттям. Метою даної роботи є визначення таких параметрів циліндричної щітки, при яких вона зможе якісно видаляти ґрунт з валка з мінімальними пошкодженнями рослин.

Результати досліджень. Циліндричні щітки, що використовуються для механізованого догляду за твердим штучним покриттям залежно від способу змитання сміття можна розділити на два типи: ті, що подають частинки сміття на транспортуючий пристрій та ті, що закидають їх у бункер. В нашому випадку машина РВМ-1 немає додаткових транспортерів для видалення відокремлених щіткою частинок ґрунту, а тому в наших подальших розрахунках будемо розглядати другий варіант щіток. Така щітка повинна відокремити частинки ґрунту з валка і відкинути їх у міжряддя. В цьому випадку колова швидкість кінців прутків ворсу повинна бути достатньою для надання частинкам ґрунту необхідної відцентрової швидкості. Попередніми дослідженнями встановлено, що для таких щіток прутки ворсу повинні бути зібрані в пучки по 6...8 штук у кожному [7]. Пучки в свою чергу повинні бути рівномірно розміщені на циліндричній поверхні барабана щітки. Кінематичний показник λ (відношення колової швидкості щітки до поступальної швидкості агрегату) таких щіток знаходиться в межах 4-5. Така щітка відкидає ґрунт на значну відстань (до 3 м), а враховуючи невелику ширину міжрядь маточних насаджень, видалені частинки ґрунту потрапляють на сусідні рядки, що є суттєвим недоліком.

На іншому типі щіток ворс зазвичай розміщується по одному прутку в певному порядку і їх кінематичний показник роботи знаходиться в межах від 1,1 до 2. Проаналізуємо обидва типи щіток.

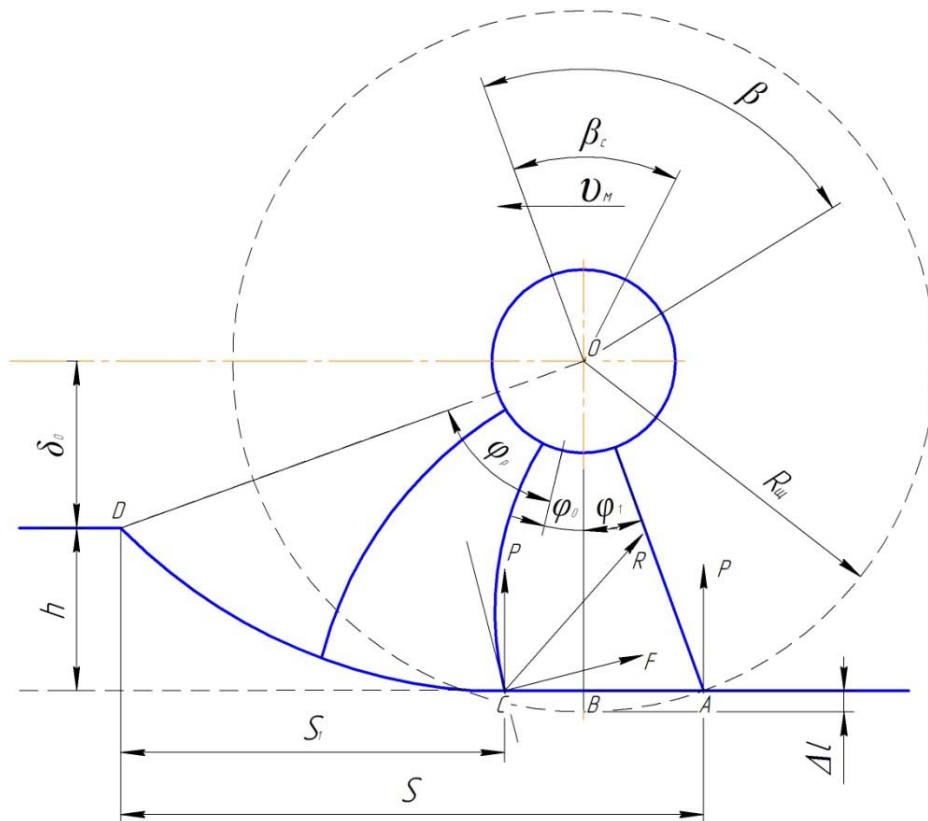


Рис. 1. Схема взаємодії щітки з ґрунтовим валком.

Кількість прутків ворсу при розміщенні їх по одному визначається згідно з рівнянням (1).

$$i_B = \frac{2H\pi K_p}{d_B \beta \lambda}, \quad (1)$$

де: H – висота щітки, м; K_p – коефіцієнт рівномірності розподілу ворсин; d_B – діаметр ворсин, м; β – кут сектора барабану, ворсини закріплені на якому торкаються поверхні, рад.

$$\beta = 2,6 \arccos \left(R_{\text{щ}} - \frac{h + \Delta l}{R_{\text{щ}}} \right), \quad (2)$$

де: $R_{\text{щ}}$ – радіус щітки, м; Δl – прогин прутків ворсу, м.

При розміщенні прутків ворсу пучками їх кількість визначається за формулою:

$$i_{\text{п}} = \frac{2H\pi K_p}{d_{\text{п}} \beta_c}, \quad (3)$$

де: $d_{\text{п}}$ – діаметр ворсин, $d_{\text{п}} \approx 2,732 d_B$, м; β_c – кут між повздовжніми осями сусідніх по колу пучків ворсу, рад.

Найбільш очевидним показником ефективності роботи щітки є її продуктивність, яку оцінюють масою ґрунту Π (кг/с), що видаляється з поверхні валка за одиницю часу:

$$\Pi = H v_a \delta_{\text{г}}, \quad (4)$$

де: v_a – поступальна швидкість руху агрегату, м/с; $\delta_{\text{г}}$ – щільність розподілу ґрунту у валку, кг/м².

Знаючи продуктивність щітки можна визначити масу ґрунту, що видаляється одним прутком ворсу або одним пучком за один оберт.

Для щіток з окремо закріпленими ворсинами:

$$W = \frac{v_a \delta_{\Gamma} d_B i_B \beta \lambda}{2\pi K_p n}; \quad (5)$$

Для щіток з пучками ворсу:

$$W = \frac{v_a \delta_{\Gamma} d_{\Pi} i_{\Pi} \beta_c}{2\pi K_p n}, \quad (6)$$

де: n – частота обертання щітки, с^{-1} .

Потужність N , необхідна для приводу циліндричної щітки, визначається сумою складових

$$N = N_T + N_d + N_o + N_B, \quad (7)$$

де: N_m – потужність на подолання сил тертя ворсу об ґрунт; N_d – потужність на деформацію ворсу; N_o – потужність на подолання сил опору ґрунту; N_e – потужність на відкидання ґрунту.

Потужність на подолання сил тертя ворсу об ґрунтовий валок з врахуванням ККД приводної трансмісії складає

$$N_T = \frac{Pf}{1000} \left(\frac{u}{\eta_{\text{щ}}} + \frac{v_a}{\eta_T} \right), \quad (8)$$

де: P – реакція основи ґрунтового валка на ворс щітки (з врахуванням кількості ворсин, що одночасно перебувають у контакті з ґрунтом), Н; f – коефіцієнт тертя ворсу об ґрунт; u – колова швидкість кінців прутків ворсу, м/с; $\eta_{\text{щ}}$ – ККД трансмісії приводу щітки; η_m – ККД трансмісії трактора.

Потужність на деформацію ворсу:

$$N_d = \frac{P(5\Delta l + f(l - \Delta l))\omega}{1000\eta_{\text{щ}}}, \quad (9)$$

де: ω – кутова швидкість щітки, рад/с.

Потужність для подолання сил опору ґрунту визначається аналогічно ґрунтообробним фрезам.

$$N_o = 0,06v_a LKH, \quad (9)$$

де: L – довжина траєкторії ворсини в період її контакту з ґрунтовим валком, м; K – питомий опір ґрунту, Кн/м.

$$L = 2 \left(R_{\text{щ}} + \frac{v_a}{\omega} \right) \arcsin \frac{\sqrt{R_{\text{щ}}(h - R_{\text{щ}})}}{R_{\text{щ}}}, \quad (10)$$

Потужність на відкидання ґрунту визначимо через секундну продуктивність щітки:

$$N_B = \frac{Wu^2}{2}. \quad (11)$$

Загальні витрати потужності проаналізовані графічним методом (рис. 2) для двох варіантів щіток, залежно від способу розміщення ворсу на поверхні.

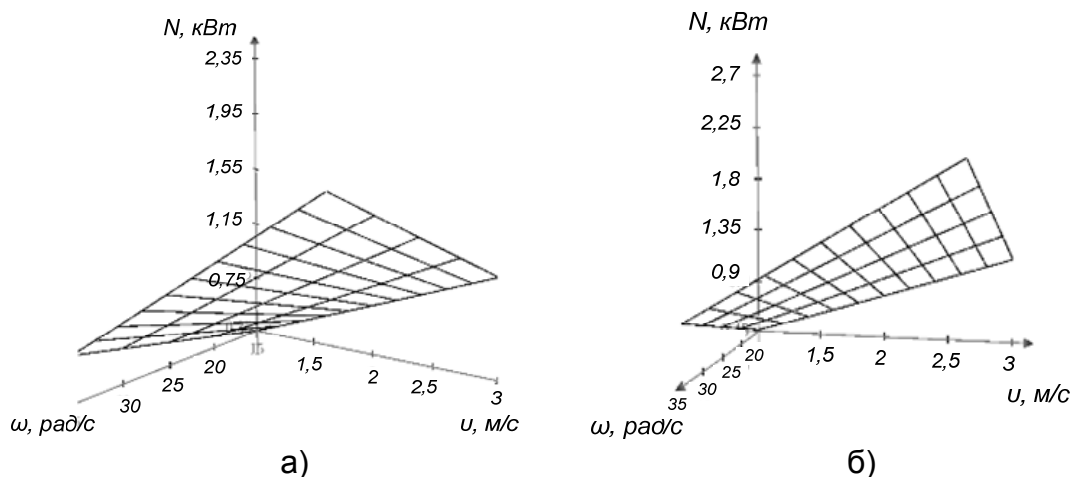


Рис. 2. Залежність потужності на привід щітки від кінематичних показників: а) з розміщенням ворсу поодинці; б) з розміщенням ворсу пучками.

Висновки

Між потужністю на привід щітки та щільністю ґрунту існує пряма залежність. Можна зробити висновок, що вкривати кореневу систему маточних рослин краще субстратом (сумішшю ґрунту, піску та деревної тирси), щільність якої знаходиться в межах 520...700 кг/м³.

Кінематичні параметри щітки такі, як колова швидкість обертання щітки та швидкість руху агрегату, також при зростанні призводять до збільшення затрат потужності. Так, для приводу щітки висотою 25 см та діаметром 40 см при розкритті ґрунтового валка щільністю 1300 кг/м³ потрібно в середньому затрати потужності: при розміщенні ворсинок на поверхні щітки окремо – 0,73 кВт, при розміщенні ворсу пучками – 0,85 кВт. Аналіз показав, що при розміщенні ворсу пучками затрачається на 15 % потужності більше, ніж при розміщенні ворсу поодинці на поверхні щітки. Це пояснюється тим, що ворс, розміщений пучками, важче деформується і на це затрачається більше енергії. Також зростає реакція ґрунтової основи і, як наслідок, збільшується сила тертя.

Для розкриття кореневої системи маточних рослин рекомендується використовувати щітки з розміщенням прутків ворсу поодинці. Такі щітки працюють при менших значеннях кінематичного показника, що забезпечує необхідну відстань відкидання ґрунту, та споживають в процесі роботи меншу потужність.

Список літератури

1. Фришев С. Г. Обґрунтування і розробка технологічного комплексу машин для вирощування садивного матеріалу плодкових культур. Дис. д-ра техн. наук: 05.20.01 / Національний аграрний ун-т : С. Г. Фришев. – К., 1999. – 287 с.
2. Гусев Л. М. Исследования работы щеточных устройств с цилиндрическими щетками подметально-уборочных машин / Л. М. Гусев. – Л.: МКХ РСФСР, 1968. – 71 с.

3. *Карабан Г. А.* Машины для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов / *Карабан Г. А., Баловнев В. И., Засов И. А.* – М.: Машиностроение, 1975. – 368 с.
4. *Буковец О. И.* Некоторые кинематические зависимости пучковых щеток / *О. И. Буковец* // Науч. тр. АКХ им. Памфилова. – М., 1976. – Вып. 129. – С. 52–55.
5. *Ворзонин В. А.* Исследование процесса пневматической уборки фрезерного торфа с применением щеточного активатора. Автореф. дисс... канд. техн. наук : *В. А. Ворзонин.* – Калинин, 1978. – 25 с.
6. *Михайлов А. В.* Щеточные торфяные машины / *А. В. Михайлов* // Сб. науч.тр. – СПб.: Изд. ВНИИТП. – Вып. 71. – 1994. – 170 с.
7. *Ермилов А. Б.* Расчёт и проектирование машин для летнего содержания дорог / *А. Б. Ермилов.* – М.: Изд-во МАДИ, 1988. – 87 с.

References

1. *Fryshev, S. H.* (1999). Obgruntuvannya i rozrobka tekhnolohichnoho kompleksu mashyn dlya vyroshchuvannya sadyvnoho materialu plodovykh kul'tur [Rationale and development of the technological complex of machines for cultivation of a landing material of fruit crops]. Dys. d-ra tekhn. nauk: 05.20.01 / Natsional'nyy ahrarnyy un-t. K., 287.
2. *Husev, L. M.* (1968). Yssledovannya raboty shchetochnykh ustroystv s tsylyndrycheskymy shchetkamy podmetal'no-uborochnykh mashyn [Research work of the brush device cylindrical brush sweeper, sweepers]. L.: MKKh RSFSR, 71.
3. *Karaban, H. A., Balovnev, V. Y., Zasov, Y. A.* (1975). Mashyny dlya sodержaniya y remonta avtomobyl'nykh doroh y aэrodromov [Machine for maintenance and repair of roads and airfields]. M.: Mashynostroenyе, 368.
4. *Bukovets, O. Y.* (1976). Nekotorye kynematycheskiye zavysymosty puchkovykh shchetok [Some of the kinematic dependences of beam brushes]. Nauch. tr. AKKh ym. Pamfylova. M., Vyp. 129, 52–55.
5. *Vorzonyin, V. A.* (1978). Yssledovanye protsessа pnevmatycheskoy uborky frezernogo torfa s prymenenyem shchetochnoho aktyvatora [The study of the process of pneumatic cleaning milling peat with the use of the brush activator]. Avtoref. dyss... kand. tekhn. nauk. Kalynyn, 25.
6. *Mykhaylov, A. V.* (1994). Shchetochnye torfyanye mashyny [Brush peat machines]. Sb. nauch.tr. SPb.: Yzd. VNYITP, Vyp. 71, 170.
7. *Ermylov, A. B.* (1988). Raschet y proektyrovanye mashyn dlya letneho sodержaniya doroh [Calculation and design of cars for summer road maintenance]. M.: Yzd-vo MADY, 87.

БАЛАНС МОЩНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЩЕТКИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ГРУНТОМ

А. В. Войтик, В. В. Кравченко, А. С. Пушка

Аннотация. В статье рассмотрен баланс мощности цилиндрической щетки с вертикальной осью вращения при раскрытии корневой системы маточных растений. Проанализировано два варианта щеток с разными вариантами размещения ворса на поверхности – поштучно или в пучках. Определена производительность щеток согласно способу размещения ворса. Установлено, что мощность при работе щетки затрачивается на трение, деформацию ворса, отделение частичек почвы и их отбрасывание. Учитывая варианты размещения ворса на поверхности щеток и кинематические

параметры их работы – скорость движения агрегата и круговая скорость щетки, которые также зависят от способа размещения ворса, сделан графический анализ, как составляющих, так и общего значения мощности, необходимой для привода щетки. Также, проведен анализ баланса мощности в зависимости от типа почвы, а именно его плотности, которым укрывается корневая система маточных растений.

Ключевые слова: ворс, пруток, пучок, мощность, грунт, производительность

BALANCE OF POWER CLINDAMICINA BRUSH IN INTERACTION WITH SOIL

A. V. Voytik, V. V. Kravchenko, O. S. Pushka

Abstract. *This paper considers the balance of power of cylindrical brush with vertical axis of rotation during the disclosure of the mother plants root system. Analyzed two variants of brushes with different ways of placing the pile on the surface – singly or in bunches. Determined the efficiency of brushes according to the way of pile placement. It is established that the power during work of the brush is spent on the brush friction, pile deformation, separation of the soil particles and their rejection. The graphic analysis of both components and the overall value of power, required to drive the brush, is made, considering the options of pile placement on the brush surface and kinematic parameters of their work - the speed of the unit and the circular speed of the brush, which also depends on the way of pile placement. The analysis of balance of the power according to the soil type is done as well, especially its density, which covers the root system of mother plants.*

Key words: *pile, rod, beam, power, ground, performance*

УДК 631.354.2

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАТРАТ НА ОБСЛУГОВУВАННЯ КОМБАЙНІВ

О. В. Надточій, кандидат технічних наук

Л. Л. Тімова, магістр

e-mail: lyginu@mail.ru

Анотація. *В статті представлено аналіз сумарних затрат експлуатації зернозбиральних комбайнів при використанні оптимальної кількості обслуговуючих ланок визначених за допомогою системи масового обслуговування. Мінімальні сумарні*

© О. В. Надточій, Л. Л. Тімова, 2016