

УДК 631.316.6

Вдосконалення робочих органів для підрізання та підйому ґрунту розрихлювально-сепаруючою машиною

Ю.М. Сиромятников

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка (м.Харків, Україна)*

Предметом дослідження є процес функціонування робочих органів ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини яка змінює структуру і щільність оброблюваного шару ґрунту відповідно до вимог агрономічної науки. Об'єктом дослідження є дискові елементи підйомно-підрізаючого пристрою, які дозволяють істотно підвищити ефективність технологічного процесу руху ґрунту по лемешу при одночасному зниженні питомої енергоємності процесу. При виконанні роботи використовували теоретичні дослідження з використанням механіко-математичного моделювання взаємодії робочих органів з ґрунтом. Вихідна інформація для обґрунтування дослідження отримана шляхом аналізу літературних джерел. Актуальність полягає в тому, що одночасне використання паралельно розташованих вільно обертових плоских дисків разом з лемешем дозволить удосконалити методи передпосівної обробки ґрунту для поліпшення його агротехнічних якостей. Запропоновано математичну модель взаємодії плоских вільно обертових дискових робочих органів з ґрунтом, які відривом відокремлюють пласт ґрунту від масиву. Дана модель дозволяє визначити складові результуючої реакції ґрунту на секціях ґрунтообробних розрихлювально-сепаруючих машин, оснащених подібними робочими органами. Проведено аналіз впливу окремих геометричних параметрів на величину сил тертя площі зовнішньої поверхні ротаційного ґрунтообробного органу. Цільова група споживачів інформації в статті - конструктори, фахівці займаються розробкою ґрунтообробних робочих органів.

Ключові слова: *розрихлювально-сепаруюча машина, робочі органи, сепаруюча решітка, сили тертя, підйом ґрунту відривом, напрямні диски.*

Вступ. Проблеми зниження негативного впливу способів механізованого обробітку ґрунту і витрат енергії на її проведення виникли в першій половині минулого століття і є актуальними в міру збільшення інтенсифікації виробництва і маси сільськогосподарської техніки. Сучасні світові тенденції на отримання екологічно чистої продукції вимагають хоча б часткової відмови від хімічних засобів боротьби з бур'янами. Робочі органи ґрунтообробних машин не забезпечують раціонального впливу на ґрунт з точки зору агрономічної науки і еколого-економічних вимог. Тому для вдосконалення процесів обробки ґрунту необхідний комплексний підхід до питань зменшення руйнування робочими органами машин і знарядь структури ґрунту і розробки технологічних процесів, що забезпечують оптимізацію її агрофізичних властивостей і вдосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур з метою зниження витрат енергії на одиницю отриманої продукції.

Постановка задачі. Секція ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини, оснащена плоскими вільно обертовими дисковими робочими органами [1], була запропонована як альтернатива існуючим конструкціям з метою підвищення ефективності технологічного процесу руху ґрунту по лемешу при одночасному зниженні питомої енергоємності процесу.

У ґрунті при обробці традиційними ґрунтообробними знаряддями і машинами розвивається складний напружений стан від спільної дії деформацій стиснення, розтягування і зсуву. При цьому превалює деформація стиснення і зсуву.

Оскільки ґрунти відносяться до анізотропних матеріалів з міцністю при розтягуванні значно меншою, ніж міцність при стисненні, доцільно створювати робочі органи, що відривають ґрунт від масиву.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням процесів взаємодії робочих органів з ґрунтом займалося багато вчених: В.П. Горячкін, П.М. Василенко, Т.М. Синьооков, В.І. Ветохін, В.А. Дубровін, В.Ф. Пащенко та ін.

На підставі проведених досліджень розроблено шляхи вдосконалення технологічних процесів обробки ґрунту, зниження енергоємності та збереження її родючості.

Робота плоского вільно обертового диска, пов'язана як з поступальним, так і з обертовим рухами. Питання кінематики дискових робочих органів знайшли досить повне рішення в роботах різних авторів. Теоретичні дослідження процесу взаємодії з ґрунтом пасивного суцільного диска, що рухається в своїй площині, беруть свій початок з робіт італійського вченого Нерло-Нерлі [2, 3], що вперше розглянув задачу визначення силових характеристик взаємодії диска з ґрунтом.

Професор Є.М. Гутьяр [4] розглянув задачу про кінематичний режим довільно заглибленого дискового плугового ножа, вільно встановленого на своїй осі обертання. Виходячи з того, що різний характер кочення суцільних дисків в ґрунті визначається різним співвідношенням сил, що діють на них в площині їх обертання при тому чи іншому поєднанні геометричних параметрів, професор П.С. Нартов визначив частку сили тертя від робочого опору, необхідну для того, щоб диск котився без буксування [5].

В роботі Т.С. Скакуна та Н.М. Флайшера [6] в результаті теоретичних досліджень отримано вираз головного моменту сил тертя об бічні поверхні дискового робочого органу також тільки в припущенні заглиблення диска до його середини. Крім того, ними зроблено припущення, що тиск на елементарну площадку бічній поверхні диска прямо пропорційно відстані від цієї площадки до середини площини мікрорельєфу оброблюваного поля. З останнім припущенням також не можна повністю погодитися, так як в силу наявності пружних і пластичних деформацій в ґрунті тиск на елементарні площадки диска, розташовані в безпосередній близькості до поверхні ґрунту, також має величину, відмінну від нуля.

В роботі академіка М.Д. Лучинського [7] було відзначено, що обертання дискового ножа, що рухається в ґрунті, гальмується як моментом обумовленим тертям ґрунту об поверхню диска, так і моментом опорів, прикладених до ріжучої кромці диска, і був зроблений висновок, що дискові ножі можуть рівномірно обертатися при русі в ґрунті, лише в тому випадку, коли вони буксують.

Г.Н. Синьков [8] проводив дослідження в ґрунтового каналі ВІСХОМа на мінеральному ґрунті. Отримані ним дані свідчать, що при роботі диска в ґрунті центр миттєвого обертання лежить нижче опорного діаметра, і диск котиться з ковзанням.

У досліджах С.К. Масюка [9, 10] на торф'яних ґрунтах з дисками різних діаметрів диски працювали з ковзанням, причому коефіцієнт ковзання збільшувався зі збільшенням глибини ходу дисків.

В.Ф. Пашенко в своїх дослідженнях обґрунтував профілі ґрунтообробних робочих органів машини для створення раціональних агрофізичних властивостей ґрунту. Було отримано рівняння для визначення раціонального кута підйому ґрунту в залежності від його властивостей, які визначаються кутом тертя ґрунту об метал [11].

Як впливає з огляду робіт з дослідження пасивних дискових робочих органів, в силу відсутності загальної теорії їх взаємодії з ґрунтом багато питань, пов'язаних з функціонуванням дисків, не отримали належного теоретичного рішення.

Мета статті. Провести аналіз впливу на величину сил тертя окремих геометричних параметрів площі зовнішньої поверхні крайніх дисків ротаційного ґрунтообробного органу розрихлювально-сепаруючої ґрунтообробної машини, що забезпечують мінімальні витрати енергії на підрізання і подачу ґрунту до розрихлювально-сепаруючого пристрою.

Основний матеріал. При русі ґрунтообробної машини плоскі вільно обертові диски заглиблюються в ґрунт і перекочуються в ньому при переміщенні осі в напрямку обертання ротора. Обертальним рухом дисків, ґрунт, затиснутий між ними, відривається від масиву і далі рухається по лемішу [1].

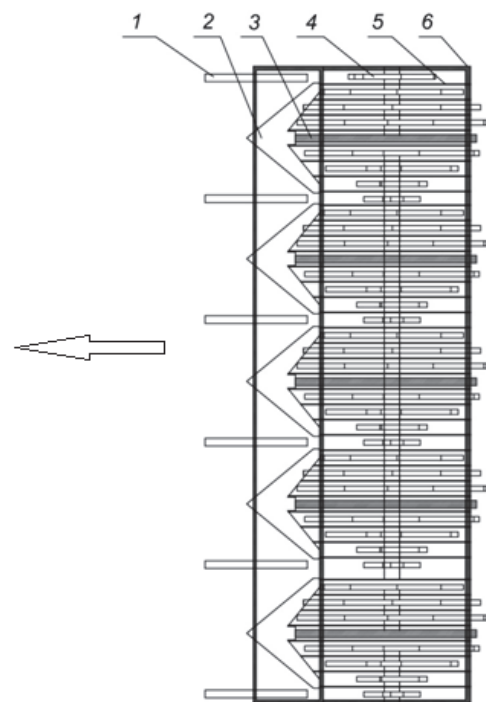


Рис. 1. Принципова схема машини:
1 – крайній направляючий плоский диск;
2 – леміш; 3 – стійка; 4 – роторний робочий орган; 5 – сепаруюча решітка; 6 – рама

На дисковий робочий орган діють сили тертя на бічних поверхнях. При цьому слід розрізнити внутрішні бічні поверхні диска, між якими ґрунт затискається, і зовнішні поверхні крайніх дисків (рис. 1). На внутрішніх поверхнях дисків сили тертя розвиваються тільки на їх передніх половинах, так як ґрунт розташований позаду місця відриву від масиву (рис. 2, точка 0), рухається разом з дисками.

Визначимо сумарну силу бокового тертя $F_{тр}$ для зовнішніх поверхонь двох крайніх дисків. Напрямок результуючої $F_{тр}$ визначимо шляхом геометричного додавання векторів елементарних сил тертя ґрунту об бічні поверхні диска (рис. 2).

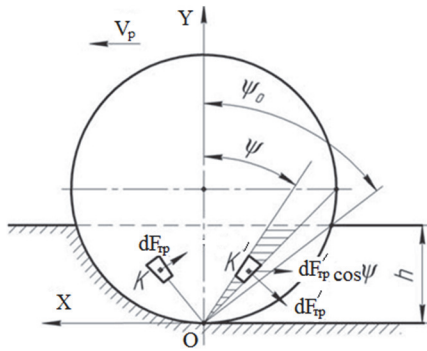


Рис. 2. Схема елементарних сил тертя, що діють на бокових поверхнях дискового робочого органу

Виділимо на зануреній в ґрунт бічній поверхні диска зліва від вертикального діаметру довільну елементарну площадку dSF . Елементарна сила тертя $dF_{тр}$, що розвивається на цій площадці, буде спрямована перпендикулярно радіусу-вектору OK (K – точка, що належить елементу площадки dSF). У правій частині диска може бути виділено площу dSF' , яка симетрично розташована з майданчиком dS_F відносно вертикального діаметру диска. Сила $dF'_{тр}$, що розвивається на площадці dS'_F , перпендикулярна OK' .

Після геометричного додавання елементарних сил $dF_{тр}$ та $dF'_{тр}$ бачимо, що їх результуюча спрямована горизонтально. Заглиблена в ґрунт частина диска симетрична відносно вертикального діаметру. Отже й результуюча елементарних сил тертя $F_{тр}$ буде також спрямована горизонтально.

Сила тертя, що діє на елемент dS_F площі контакту, дорівнює

$$dF_{тр} = fp dS_F \quad (1)$$

де f – коефіцієнт тертя ґрунту о сталь (який вважаємо не залежним від швидкості); p – тиск ґрунту на бічну поверхню диска, передбачене рівномірно розподіленим.

Проекція сили $dF_{тр}$ на горизонтальну вісь буде дорівнювати

$$dF_{трX} = fp dS_F \cos \varphi \quad (2)$$

де φ – кутова координата.

Сила тертя визначиться інтегруванням виразу (2) по площі контакту диска з ґрунтом. Вибравши в якості змінних інтегрування полярні координати ρ та ψ з центром O отримаємо

$$F_{трX} = 2 \int_0^{\rho_0} \int_0^{\frac{\pi}{2}} fp \cos \psi dS_F \quad (3)$$

де ρ_0 – відстань між точкою O , що залишається нерухомою в процесі інтегрування, та точкою K' (рис. 2).

Площа елемента $dSF = \rho d\rho d\psi$ та, таким чином, рівняння (3) матиме вигляд:

$$F_{трX} = 2fp \left(\int_0^{\rho_0} \int_0^{\frac{\pi}{2}} p \cos \psi d\rho d\psi \right) \quad (4)$$

При зміні ψ від 0 до ψ_0 інтегрування за змінною ρ виконується в межах від 0 до ρ_0 , при цьому

$$\rho_0 = \frac{h}{\cos \psi_0}.$$

При подальшому збільшенні ψ від ψ_0 до $\pi/2$ зміна ρ_0 відбувається не по лінійній залежності, а по колу радіуса R та $\rho_0 = 2R \cos \psi$. Інтегруючи рівняння (4) по двох ділянках та підставляючи межі, визначимо результуючу сил тертя ґрунту на площі однієї щоби диска:

$$F_{трX} = fp \left\{ h^2 \ln t g \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\psi}{2} \right) + \frac{4}{3} R [2 - \sin \psi_0 (\cos \psi_0^2 + 2)] \right\} \quad (5)$$

Висновки. Отримано вираз який дозволяє аналітично визначити результуючу сил тертя ґрунту на площі зовнішньої поверхні однієї щоби плоского вільнообертового диска, проведено аналіз впливу на величину цих сил окремих геометричних параметрів, що в остаточному результаті, дасть можливість раціоналізувати геометричні параметри та режими роботи дискових робочих органів ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини.

Література

1. Сыромьятников Ю.Н. Повышение эффективности технологического процесса движения почвы по лемеху почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельское хозяйство. – 2017. – № 1. – С.48 - 55. DOI:10.7256/2453-8809.2017.1.22037.
2. Nerli N. Sul Problema dinamico dell' aratro a disco. In stratto del Bolletino del R. Istituto. Supereire Agropro di Pisa. – 1930.
3. Nerli N. Sul vantaggio dinamico del coltro rotante. Собр. соч., изд. первое, том IV, Сельхозгиз, 1940. – 231 с.
4. Гутьяр Е.М. // Сельськохозяйственна машини. – 1938. – № 9. – С. 10 -13.
5. Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия. – Воронеж, 1972. 184 с.
6. Скакун В.В., Флайшер В.В. К динамике дискового ножа. // Труды ВИМ, том 90, М.: ВИМ, 1981. – С. 138 -146.
7. Лучинский Н.Д. О буксовании почвообрабатывающих орудий. // ВИМ, 1979. – Вып. 39. – 13 с.
8. Синеоков Г.Н. Дисковые рабочие органы почвообрабатывающих машин. – М.: Машгиз, 1949. – 86 с.
9. Масюк С.К. Исследование процесса резания. // Труды Белорусского лесотехнического института. - Минск, 1956, вып. 8, с. 174-184.
10. Масюк С.К. Основы технологического процесса разработки торфяного пласта резанием. Дис. канд. техн. наук. – Минск, 1952.

11. Пашенко В.Ф. Теория воздействия рабочих органов орудий на почву: Монография /

В.Ф. Пашенко, С.И. Корниенко, Н.П. Гусаренко // – Харьков: ХНАУ, 2013. – 89 с.

Анотация

Совершенствование рабочих органов для подрезания и подъема почвы рыхлительно-сепарирующей машины

Ю.Н. Сыромятников

Предметом исследования является процесс функционирования рабочих органов почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины изменяющей структуру и плотность обрабатываемого слоя почвы в соответствии с требованиями агрономической науки. Объектом исследования являются дисковые элементы подъемно-подрезающего устройства, которые позволяют существенно повысить эффективность технологического процесса движения почвы по лемеху при одновременном снижении удельной энергоемкости процесса. При выполнении работы использовали теоретические исследования с использованием механико-математического моделирования взаимодействия рабочих органов с почвой. Исходная информация для обоснования исследования получена путем анализа литературных источников. Актуальность состоит в том, что одновременное использование параллельно расположенных свободно вращающихся плоских дисков вместе с лемехом позволит усовершенствовать методы предпосевной обработки почвы для улучшения ее агротехнических качеств. Предложена математическая модель взаимодействия плоских свободновращающихся дисковых рабочих органов с почвой, которые отрывом отделяют пласт почвы от массива. Данная модель позволяет определить составляющие результирующей реакции почвы на секциях почвообрабатывающих рыхлительно-сепарирующих машин, оснащенных подобными рабочими органами. Проведен анализ влияния отдельных геометрических параметров на величину сил трения площади внешней поверхности ротационного почвообрабатывающего органа. Целевая группа потребителей информации в статье – конструкторы, специалисты занимающиеся разработкой почвообрабатывающих рабочих органов.

Ключевые слова: *рыхлительно-сепарирующая машина, рабочие органы, сепарирующая решетка, силы трения, подъем почвы отрывом, направляющие диски.*

Abstract

Improvement of working bodies for cutting and rising the soil of a rope-separation machine

Yu.N. Syromyatnikov

The subject of the study is the process of functioning of the working organs of a tillage ripper-separating machine that changes the structure and density of the treated soil layer in accordance with the requirements of agronomical science. The object of the research are the disk elements of the lifting and trimming device, which make it possible to significantly improve the efficiency of the technological process of soil movement by means of a share, while reducing the specific energy intensity of the process. In carrying out the work, theoretical studies using mechanical and mathematical modeling of the interaction of working organs with soil were used. The initial information for the study justification was obtained by analyzing the literature sources. The urgency lies in the fact that the simultaneous use of parallel located freely rotating flat discs together with the plow will improve the methods of presowing tillage to improve its agrotechnical qualities. A mathematical model is proposed for the interaction of flat, free-rotating disk working organs with soil, which separates the soil layer from the soil by a detachment. This model makes it possible to determine the components of the resulting soil reaction on the sections of the tillage ripping-separating machines equipped with similar working bodies. The analysis of the effect of individual geometric parameters on the magnitude of the friction forces of the surface area of the rotary tillage body is carried out. The target group of consumers of information in the article are designers, specialists engaged in the development of soil-cultivating working bodies.

Keywords: *ripper-separating machine, working parts, separating grating, frictional forces, lifting of soil by separation, guide discs.*

Представлено від редакції: В.І. Пастухов / Presented on editorial: V.I. Pastukhov

Рецензент: Д.Д. Ющук / Reviewer: D.D. Yushchuk

Подано до редакції / Received: 12.09.2017