

ВГУ. Воронеж. 1972. - 184 с.

3. *Канарев Ф.М.* Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. – М.: Машиностроение, 1983. – 142 с., ил.
 4. *Стрельбицкий В.Ф.* Дисковые почвообрабатывающие машины. – М.: Машиностроение, 1978. – 135 с., ил.
-

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА РЕЗАНИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СФЕРИЧНО-ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С ПОЧВОЙ

Приведены результаты аналитических исследований в виде математической модели по определению величины угла резания при взаимодействии сферично-дискового рабочего органа с почвой.

Ключевые слова: сферично-дисковый рабочий орган, почва, угол атаки, угол наклона, угол резания, угол заточки, обратный задний угол резания.

MATHEMATICAL MODEL FOR DEFINITION OF A CORNER OF CUTTING AT INTERACTION OF SPHERICAL-DISK WORKING BODIES WITH SOIL

Results of analytical researches in the form of mathematical model by definition of size of a corner of cutting at interaction of spherical-disk working body with soil are resulted.

Keywords: spherically-disk working body, soil, angle of attack, angle of slope, angle of cutting, sharpening corner, return back corner of cutting.

УДК 631.313.72.001.2

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ УНІВЕРСАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ ЗА ДАНИМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ*

А.Л. Кириченко, наук. співр.
ННЦ «ІМЕСГ»

Викладено результати аналізу енергетичних показників універсального фре-

* Науковий керівник – канд. техн. наук **М.П. Білоткач**.

© А.Л. Кириченко.
Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 95. 2011.

зерного робочого органа з вертикальною віссю обертання за даними експериментальних досліджень.

Ключові слова: рослинні залишки, обробіток ґрунту, подрібнення, фрезерний робочий орган.

Проблема. Робочі органи фрезерних культиваторів забезпечують якісне розпушення шару ґрунту на глибину 6-14 см. Проте вони недостатньо якісно виконують подрібнення залишених на полі рослинних решток та кореневищ. Нами обґрунтована нова конструкція універсального фрезерного робочого органу, що забезпечує подрібнення стеблових решток рослин, наприклад кукурудзи, одночасно з розпушенням ґрунту за рахунок притискання стебел до поверхні ґрунту і різання їх фрезерним ножом з косим лезом. Встановлено, що ніж з косим лезом має значно менший кут різання ґрунту і стеблових решток у порівнянні з кутом загострення цього ножа, а це безпосередньо пов'язано зі зменшенням зусиль опору різанню ґрунту і рослинних решток. У зв'язку з цим є необхідність визначити експериментально величину сил і моментів, діючих на такий робочий орган і виконати їх аналіз у залежності від зміни режимних показників їх роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями визначення зусилля опору різанню та розпушенню ґрунтів займалися ряд дослідників, починаючи з В.П. Горячкіна. Безпосередньо енергетику ґрунтообробних фрез досліджували Г.Н. Синеоков, І.М. Панов, А.Д. Далін, Є.П. Яцук, М.П. Білоткач, В.В. Азаренко, Ф.М. Канарьов та ряд інших. Г.Н. Синеоков вважає, що необхідна потужність на роботу фрези складається з потужності на фрезерування N_{ϕ} , яка передається через ВВП трактора на фрезерний барабан та тягової потужності N_T , яка витрачається на подолання опору переміщення фрези при перекочуванні опорних коліс [1]. Щодо визначення відокремленої величини зусилля для подрібнення рослинних решток, що виконується одночасно з розпушенням ґрунту, то це питання не вирішувалося.

В.І. Кочевим доведено, що краще подрібнення поживних корневих залишків можна здійснити машинами, що обладнані фрезерними робочими органами [2]. Але питання визначення окремо зусилля опору при подрібненні цих залишків також не вирішувалося.

Метою дослідницької роботи М.М. Корчака було поставлено питання щодо якості подрібнення рослинних залишків без визначення та аналізу силових та енергетичних показників [3].

Мета досліджень: визначити силові та енергетичні показники ро-

боти універсального фрезерного робочого органу з вертикальною віссю обертання при подрібненні післязбиральних рослинних решток одночасно з розпушенням ґрунту.

Результати досліджень. Визначення зусиль опору різанню ґрунту і залишених на поверхні поля корневих залишків та стеблових рослинних решток здійснювалося методом тензометрування на експериментальній установці, створеній на базі ґрунтообробної фрези КВФ – 2,8 з установленими універсальними фрезерними ножами з обладнаною на ВВП трактора Т–150К загальновідомим методом тензометрування з тензометричною апаратурою для визначення крутного моменту приводу фрез-барабанів. При цьому вибір та обґрунтування довжини запису осцилограми для трьох різних швидкостей руху проводився в межах від 0,8 до 1,3 м/с, тобто близько середньої робочої швидкості фрезерного ґрунтообробного агрегату, за умови одержання достатньої кількості замірів даних. Вірогідна надійність становила $H = 0,95$ і відносна похибка $\Delta = 0,2\sigma$, що дорівнює 99 – 100 замірам крутного моменту, тобто по 50 відхилень у бік збільшення і зменшення крутного моменту при обертанні фрезерного барабана з частотою 7-9 с^{-1} . Враховуючи те, що на фрезерному барабані встановлено по два фрезерні ножі, які періодично безпосередньо відрізують стружку ґрунту, то для досягнення бажаного результату при установлених параметрах і режимах роботи фрези достатньо 25 обертів фрез-барабана. Відношення пройденого шляху на експериментальній ділянці до довжини осцилограми дорівнює $\frac{L_n}{L_{осц}} = 14,7$, тобто $\frac{V_{acr}}{V_{осц}} = 14,7$. З урахуванням цього відношення потрібна довжина осцилограми дорівнює 105 см, а враховуючи з включенням та зупинкою агрегату і вимкненням осцилографа

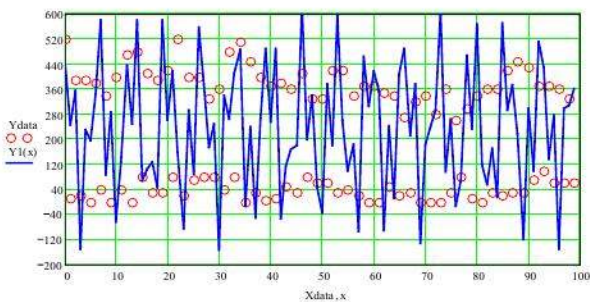


Рис. 1. Осцилограма апроксимованої функції крутного моменту при робочому ході

довжина осцилограми повинна дорівнювати ≈ 150 см, тобто довжина ділянки на якій здійснювався запис осцилограми, дорівнювала 22 м.

Запис здійснювався без застосування підсилювача електричного сигналу, що дорівнює величині похибки замірів у межах 0,2 – 0,5 %. Після виконання замірів величини крутного моменту та вирахування для кожного досліду середніх їх величин, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, коефіцієнтів варіації та апроксимації даних крутного моменту на валу приводу фрез-барабанів вертикальної фрези КВФ – 2,8.

Одержані експериментальні дані апроксимовані функцією, що опиє ряд Фур'є і наведені на рис.1.

З графіка видно, що зміна крутного моменту коливається в межах 3σ , що відповідає нормальному закону розподілу.

Дані обрахування крутного моменту приводу універсальних фрезерних робочих органів наведені в таблиці.

Таблиця. Дані обрахування крутного моменту приводу універсальних фрезерних робочих органів фрези

Показники	Швидкість руху агрегату, м/с			
	Холостий хід	0,96	1,15	1,28
Крутний момент, Нм	25,1	117,6	187,2	209,4
Середньоквадратичне відхилення, Нм	25,336	115,786	151,458	180,552
Похибка вибірки, %	2,524	11,579	16,145	18,055
Довірчий інтервал, Нм	29,47>	136,8>	214,0>	179,6>
	>25,15>	>117,6>	>187,2>	>209,4>
	>20,82	>98,4	>160,5	>239,2
Коефіцієнт варіації, %	10,741	98,457	80,086	86,203

З наведених даних у таблиці та на рис. 2 представлено характер зміни крутного моменту і товщини стружки відрізаного шару ґрунту в залежності від зміни швидкості руху фрези.

Зусилля опору різання P_p визначено за формулою

$$P_p = \frac{M_{кр.}}{R}, \quad (1)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент на валу фрез-барабана, Н·м; R – радіус обертання фрезерного ножа, м.

Так при умові, що $R=0,15$ м при швидкостях руху фрези 0,96; 1,15 і 1,28 м/с, отримуємо величину сукупного середнього зусилля опору різання ґрунту і перерізання стеблових залишків рівним $P_p = 205,3; 360,3$ і 409,5 Н.

З врахуванням площі поперечного перетину стружки ґрунту було визначено питоме зусилля різання ґрунту і перерізання стеблових залишків (рис. 3).

Для вирахування потрібної потужності для роботи фрезерного культиватора КВФ – 2,8 застосована формула [1]:

$$N = (G_{mp} + G_{fp}) f \cdot V_n + P_p \cdot \sqrt{V_n^2 + V_k^2} \cdot n_\sigma, \quad (2)$$

де G_{mp} - вага трактора МТЗ-80; G_{fp} - вага фрези КВФ-2,8; f - коефіцієнт опору переміщення агрегату по стерньовому фоні; V_n - швидкість переміщення агрегату, м/с; V_k - колова швидкість обертання фрез-барабанів (с⁻¹); n_σ - кількість фрез-барабанів на фрезі.

Розрахункові дані наведені на рис.4.

З графіка видно, що для агрегату МТЗ-80 + КВФ-2,8 з експериментальними універсальними робочими органами потрібна потужність знаходиться в межах 30...55 кВт при швидкості руху від 0,96 до 1,28 м/с.

Паралельно з визначенням крутного моменту методом тензометрування також здійснювався замір питомих витрат пального при різних швидкостях руху фрезерного агрегату, за якими потужність фрезерного агрегату визначено за формулою:

$$N = \frac{Q_n \cdot q_n \cdot \eta_u}{3,6 \cdot n_\sigma}, \quad (3)$$

де Q_n - питомі витрати пального, кг/год; q_n - енергетичний показник при повному згоранні дизельного пального МДж; η_u - ККД колісного трактора; 3,6 – перевідний коефіцієнт відповідності енергії (кВт.год= 3,6 МДж); n_σ - кількість фрез-барабанів на фрезі.

Одержані при цьому розрахункові показники величини потужності дорівнювали: на холостому ході $N_{xx} = 30,1$ кВт і при відповідних швидкостях потужність на привод робочих органів одного фрез-барабана

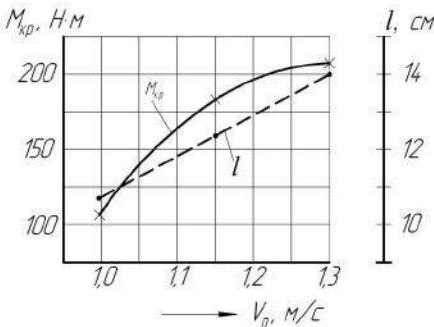


Рис. 2. Залежність зміни крутного моменту і товщини стружки ґрунту в залежності від зміни швидкості руху фрези

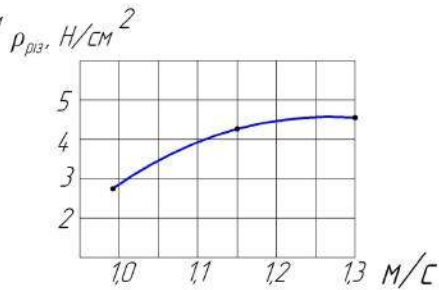


Рис. 3. Зміна питомого зусилля опору різання ґрунту фрезерним ножом від швидкості переміщення фрези

дорівнювала $N_1 = 3,4$ кВт; $N_2 = 5,9$ кВт; $N_3 = 7,0$ кВт.

Розрахункові дані питомого зусилля опору різання ґрунту і перерізання стеблових залишків наведено на рис. 5.

Порівнюючи дані на рис 4 і 5, можна відзначити, що вони відрізняються на 11...12 % і пояснюються можливим відхиленням вибору прийнятих у розрахунок коефіцієнтів корисної дії.

Питання щодо визначення зусиль різання ґрунту і, окремо, перерізання рослинних залишків, особливо грубостеблових решток, що після збирання урожаю залишаються на поверхні поля, методом тензометрування,

складне, а враховуючи ряд причин, і таке, що неможливо вирішити. Спільна величина крутного моменту на різанні ґрунту з перерізанням стеблових решток відображається на величинах обчислень середнього квадратичного відхилення і коефіцієнта варіації. За фізіологічними особливостями стебло, наприклад, кукурудзи має через деякі відстані

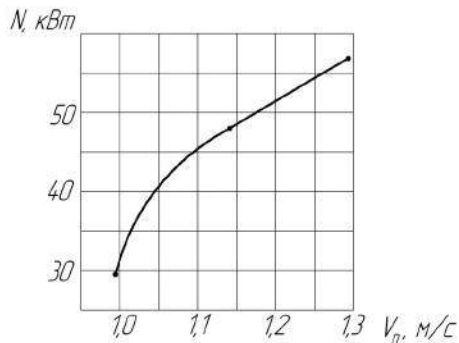


Рис. 4. Залежність потрібної потужності при роботі ґрунтообробного фрезерного агрегату МТЗ-80+КВФ-2,8 з експериментальними робочими органами від його швидкості переміщення і частоти обертання фрез-барабанів $\omega = 9\text{с}^{-1}$

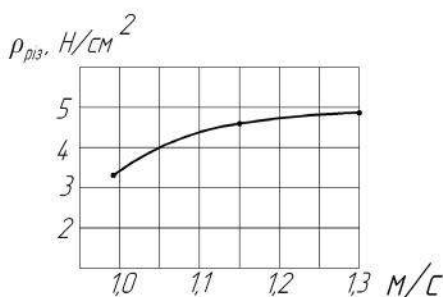


Рис. 5. Характер зміни питомого зусилля опору різання ґрунту фрезерним ножом при зміні поступальної швидкості руху фрезерного агрегату з незмінною частотою обертання фрез-барabanів

стебла.

Розрахунок зусилля перерізання $P_{\text{різ}}$ кукурудзяних стебел здійснювався відповідно до співвідношення

$$P_{\text{різ}} = \frac{P_{\delta} \cdot l_{\delta}}{l_p} \quad (\text{Н}), \quad (4)$$

де P_{δ} - показник динамометра, Н; l_{δ} - відстань від осі обертання ножа до динамометра, см; l_p - відстань від осі обертання ножа до місця розташування стебла, см.

Аналізуючи отримані залежності зусилля перерізання стебел кукурудзи від їх діаметра при різних способах перерізання, зроблено спробу знайти закономірність залежності середнього зусилля перерізання стебел від їх діаметра. Ці узагальнені дані представлені на рис. 6, де наведено характер і величину зміни зусилля опору перерізання стебел кукурудзи, питомого зусилля і коефіцієнта варіації зміни цих зусиль у залежності від діаметра стебел кукурудзи.

Аналіз даних, наведених на рис. 6, свідчить, що середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації за величиною в декілька разів при меншому діаметрі стебел перевищують їх величину при більш товстих стеблах. Для стебел, діаметр яких дорівнює 20 мм і більше, середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації деякою мірою стабілізуються і за величиною є найменшими. Звідси можна зробити

так звані вузли, які при їх перерізання в цьому місці потребують більшого зусилля, ніж у міжвузлах. Тому вирішено визначення зусилля опору перерізання кукурудзяних стебел виконати в лабораторних умовах на установці типу гільйотини з замірами зусилля за допомогою динамометра ДПУ-002 -2, приєднаного до ручки рухомого ножа на відстані 80 см від його осі обертання. Досліди з перерізання стебел кукурудзи діаметром від 8 до 30 мм проводились за трьома способами: поперек стебел, вздовж стебел і під кутом близько 45° до

висновок, що для практичного використання питоме зусилля перерізання кукурудзяних стебел припустиме, приймаючи за базу дані величини питомого зусилля перерізання кукурудзяних стебел, діаметр яких дорівнює 20 мм і більше.

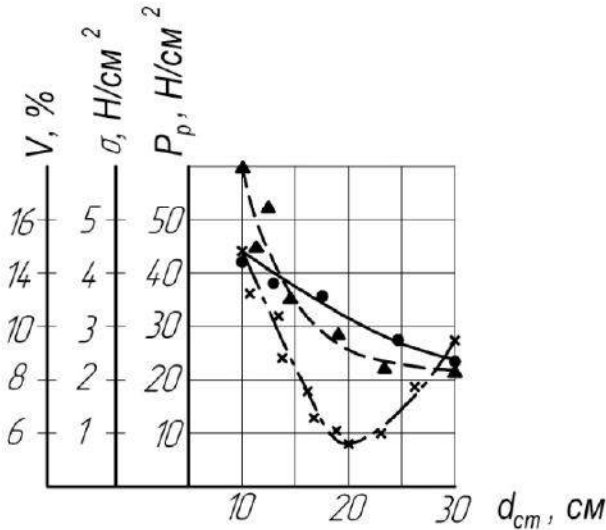


Рис. 6. Залежність питомого зусилля перерізання кукурудзяних стебел від їх товщини і його відповідних статистичних характеристик —●—●— - питоме зусилля, $Н/см^2$; — Δ — Δ — - середнє статистичне відхилення, $Н/см^2$; — \times — \times — - коефіцієнт варіації, %

Ці усереднені дані можна використати при необхідності визначення величини зусилля опору різання ґрунту після попереднього обстеження дослідної ділянки поля на наявність рослинних стеблових решток і кореневих залишків при збиранні кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості на силос або зелений корм тваринам.

Висновки. На основі викладеного матеріалу доведено, що:

- питоме зусилля різання ґрунту з перерізанням стеблових залишків методом тензометрування, а також заміром питомих витрат пального знаходяться в межах $2,8 \dots 4,8 Н/см^2$, що перебуває в межах відхилення від середньої їх величини і залежить, в першу чергу, від товщини відрізуваної стружки ґрунту і наявності рослинних залишків, швидкості різання, а також ряду інших факторів, таких як твердість, вологість ґрунту та ін.;

- необхідна потужність для ґрунтообробного агрегату МТЗ-80 +

КВФ–2,8 з встановленими універсальними фрезерними робочими органами, які забезпечують розпушення ґрунту на глибину 6...8 см з одночасним подрібненням стеблових і кореневих кукурудзяних залишків за один прохід агрегату після збирання кукурудзи в молочно-восковій стиглості для різних умов роботи знаходяться в межах 30...55 кВт;

– питоме зусилля різання кукурудзяних стебел, в залежності від діаметра стебел, їх вологості і стану стиглості знаходяться в межах від 21 Н/см² до 50 Н/см² при зміні середньоквадратичного відхилення від 2 Н/см² до 6 Н/см² і коефіцієнта варіації – 0,058...0,143 (V = 5,8...14,3 %).

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Синеоков Г. Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1965. – 311с.
2. Кочев В. І. Комбінована ґрунтообробна машина КНМ – 2,2. Бюл. «Сільськогосподарська інформація», К., 1975. – № 1 (66), 2 с.
3. Корчак М. М. Обґрунтування технологічних параметрів комбінованого фрезерного подрібнювача рослинних залишків грубостеблових культур // Автореф.... дис. канд. техн. наук, – Вінниця, 2010. 26 с.

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УНИВЕРСАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изложены результаты анализа энергетических показателей универсального фрезерного рабочего органа с вертикальной осью вращения по данным экспериментальных исследований.

Ключевые слова: растительные остатки, обработка почвы, измельчение, фрезерный рабочий орган.

ANALYSIS OF THE ENERGY PERFORMANCE OF A WORKING BODY OF THE UNIVERSAL MILLING WITH VERTICAL ROTATION AXIS ACCORDING TO EXPERIMENTAL STUDIES

The results of the analysis of energy performance of a universal milling working body with the vertical axis according to experimental studies.

Key words: crop residues, soil preparation for planting, a milling working body.