

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гаврильченко А.С., Волик Б.А., Пугач А.М. Напрацювання в галузі підвищення технічного рівня культиваторів // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2007. – Т. 2, Вип. 67. – С. 195-201.
2. Кобець А.С., Волик Б.А., Пугач А.Н. Повышение подрезающей способности стрелчатой лапы культиватора путем формирования направленного износа лезвия // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – Дніпропетровськ, 2007. – № 2. – С. 62-64.
3. Кобець А.С., Кобець О.М., Пугач А.М. Аналітичне дослідження формування профілю зубців культиваторної лапи під дією локального спрацювання // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь ТДАТУ, 2011. – Вип. 11, Т. 5. – С. 192-197.
4. Кобець А.С., Пугач А.М. Вплив елементів локального зміцнення на якісні показники роботи стрілочастих лап // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Луцьк, 2011. – Вип. 21, Т. 1. – С. 173-178.
5. Кобець А.С., Волик Б.А., Пугач А.Н. Исследование износа культиваторных лап оснащенных элементами локального упрочнения рабочей поверхности // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2007. – Т. 1, Вип. 59. – С. 76-80.
6. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин – М.: Машиностроение, 1977. – 327 с.
7. Сизов О.А., Милюткин В.А. Работа лезвия в почве // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1978. – № 3. – С. 9-10.
8. Кравченко Б.Н. К обоснованию угла раствора лезвия культиваторных лап // Тракторы и сельхозмашины – 1968. – № 2. – С. 22-23.
9. Гаврильченко А.С. Обґрунтування параметрів та розробка конструкції культиваторних лап з криволінійним лезом: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. – Глеваха, 2005. – 160 с.

УДК 631.312.62

Сокол С.П., Науменко М.М.

ВИЗНАЧЕННЯ КУТА НАХИЛУ ЛЕМЕША КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ ТИПУ «СКОБА»

Предложена математическая модель для определения сопротивления передвижению клина в почве. Выявлены зависимости сопротивления от скорости движения клина и его геометрических характеристик. Установлен угол наклона клина, при котором сопротивление передвижению в почве минимально.

DETERMINATION OF THE INCLINATION ANGLE FOR ROOTS DIGGER SHARE IN A FORM OF «CRAMPON»

The mathematical model for wedge movement resistance determination during its movement in the soil is given. Resistance dependence on wedge movement speed and its geometric characteristics are found out. The wedge inclination angle, at which movement resistance in the soil is minimal, is defined.

Відомо, що від конструктивних і кінематичних параметрів робочих органів бурякозбиральних машин, ґрунтово-кліматичних умов вирощування коренеплодів суттєво залежать якісні й кількісні показники збирання, пошкодження та втрати врожаю. Задача синтезу викопувальних пристроїв зводиться до визначення раціональних параметрів робочих органів, які б забезпечували мінімальні втрати і пошкодження коренеплодів при заданих умовах експлуатації. Таким чином постає завдання – розробити принципово нові робочі органи, котрі можна буде використовувати для викопування коренеплодів з різними фізико-механічними характеристиками. Запропонована конструкція копача коренеплодів типу «скоба» [1, 2], дозволяє більш інтенсивне обтиснення коренеплодів шаром ґрунту ще в моноліті, до їх підймання на денну поверхню. Основними складовими елементами скоби є підрізаючий робочий двогранний клин (леміш) та несучі і одночасно ріжучі стояки-ножі.

Постановка проблеми. Визначення оптимального кута нахилу лемеша копача коренеплодів з аналізу його взаємодії з ґрунтом є надзвичайно важливою задачею, відповідь на яку бажано мати вже на стадії його проектування.

Аналіз останніх досліджень. Теоретичні розробки в цьому напрямі, які наведені в наявній літературі [3, 5-9], не дають рекомендацій щодо розрахунку опору

переміщенню будь-якого робочого органа, а формули, що пропонуються в окремих конкретних випадках, мають бути точнішими і більш обґрунтованими. Наприклад, коефіцієнти відомої формули для розрахунку сили тяги плуга $P = fG + kab + \varepsilon abV^2$ визначаються за дослідними даними для ряду плугів різних марок уже існуючих [6]. Цілком очевидно, що можливі труднощі у разі застосування цієї раціональної формули для проектування робочих органів сільськогосподарських машин, відмінних від плуга.

На сьогодні існує досить різноманітний перелік робочих органів, які використовуються для обробки ґрунту чи для викопування коренеплодів. Дуже часто основою частиною робочого органа є клин або поверхню робочого органа можна представити як набір окремих плоских елементів, тобто клинів. Отже, визначення опору переміщенню робочого органа можна звести до обчислення опору одного клина (наприклад лемеша) або декількох клинів разом, якими можна представити більш складну поверхню (наприклад викопувальна скоба коренеплодів або стрілчаста лапа культиватора).

Метою досліджень було визначення аналітичних залежностей опору переміщенню клина від основних характеристик і параметрів системи «клин-ґрунт» на підставі даних аналізу взаємодії двогранного клина з ґрунтом та обґрунтування рекомендацій щодо вибору кута нахилу клина.

Результати досліджень. Під час проведення лабораторних досліджень з робочим органом типу скоба (рис. 1, а), та спостереження за процесом взаємодії скоби з ґрунтом виявлено, що при підрізанні поверхневого шару нижньою різальною плоскою частиною скоби ґрунт руйнується не безперервно, а розламується на окремі об'єми, що зафіксовано на рис. 1, б. Можна передбачити, що окремий об'єм спочатку ущільнюється під тиском плоскої нижньої частини скоби (розпушувального лемеша), а потім відколюється від непорушеної частини поверхневого шару ґрунту. Ці спостереження дозволили взяти за основу розрахункової моделі взаємодії клина з ґрунтом схему, запропоновану академіком В.П. Горячкіним [6].



а – модель скоби; б – робочий момент взаємодії моделі з ґрунтом

Рис. 1 – Фрагменти лабораторних досліджень скоби в ґрунтовому каналі

При різанні поверхневого шару ґрунту рухомим клином елементи ґрунту 1, 2, 3, які взаємодіють з клином (рис. 2), утворюються з матеріалу, що має початкову форму паралелограма $ABCD$. Горизонтальне переміщення клина по лінії AD супроводжується зминанням і кришенням ґрунту в об'ємі, означеному паралелограмом $ABCD$, який згодом деформується приймає форму A_1BCD і займає місце першого елемента на клині.

Надалі ґрунт розглядається як суцільне середовище, що може бути доцільним для визначення опору переміщення клина в ньому [4]. До аналізу руху об'єму ґрунту, що знаходиться на розрахунковій схемі, в об'ємі, обмеженому ламаною A_0ADCBB_0 (рис. 3), застосовується теорема Ейлера для суцільного середовища [10], яка для відносного руху ґрунту по клину в нашому випадку матиме вигляд:

$$M_c \bar{V}_1 - M_c \bar{V}_2 + \bar{N} + \bar{P} + \bar{F}_T + \bar{F}_\tau + \bar{N}_1 = 0. \quad (1)$$

У векторному рівнянні (1) введені позначення: $M_c \bar{V}_1$ – секундна кількість руху ґрунту, що проходить через переріз DC у відносному русі; $M_c \bar{V}_2$ – секундна кількість руху ґрунту, що проходить через переріз A_0B_0 ; \bar{N}, \bar{F}_T – головний вектор поверхневих, відповідно сил нормальних і сил тертя на клині; \bar{P} – вага об'єму ґрунту на клині; \bar{F}_τ – сила сколювання, що виникає на межі CD об'єму ґрунту, що розглядається; \bar{N}_1 – нормальна реакція на лінії сколювання.

Вважається, що сколювання ґрунту при переміщенні клина відбувається по лінії DC , нахиленої до горизонту під деяким кутом ψ , який може бути визначеним як [6]:

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha + \varphi + \varphi^1}{2},$$

де $\alpha, \varphi, \varphi^1$ – кути відповідно нахилу клина, тертя ґрунту на ньому та внутрішнього тертя ґрунту.

Сила сколювання F_τ діє на лінії зсуву ґрунту і визначається за формулою:

$$F_\tau = \frac{k_4 bh}{\sin \psi},$$

де b і h – відповідно ширина клина і його заглиблення; k_4 – граничний опір за чистого зсуву для ґрунту; ψ – кут сколювання.

Проектуючи рівняння (1) на вісь OY , одержимо вираз:

$$N - P \cos \alpha - M_{c1} V_1 \sin \alpha - F_\tau \sin(\psi + \alpha) + N_1 \cos(\psi + \alpha) = 0.$$

Звідки для сили нормальної взаємодії ґрунту з клином можна отримати рівняння:

$$N = P \cos \alpha + M_{c1} V_1 \sin \alpha + F_\tau \sin(\psi + \alpha) - N_1 \cos(\psi + \alpha). \quad (2)$$

Вважаючи, що сила тертя пропорційна нормальній реакції, матимемо, що

$$F_\tau = f [P \cos \alpha + M_{c1} V_1 \sin \alpha + F_\tau \sin(\psi + \alpha) - N_1 \cos(\psi + \alpha)], \quad (3)$$

де f – коефіцієнт тертя між матеріалом клина і ґрунтом.

Проектуючи рівняння (1) на напрямок відносного руху вздовж клина, запишемо вираз, за яким:

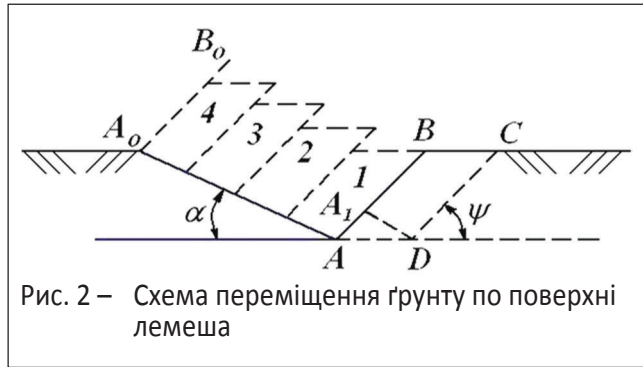


Рис. 2 – Схема переміщення ґрунту по поверхні лемеша

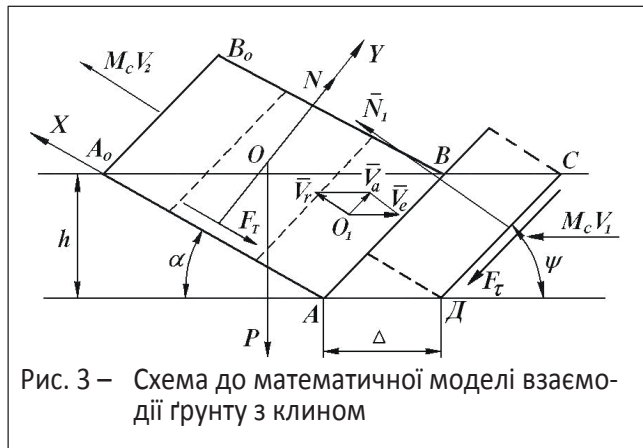


Рис. 3 – Схема до математичної моделі взаємодії ґрунту з клином

$$M_{c1}V_1 \cos \alpha - P \sin \alpha - M_{c2}V_2 - F_\tau + F_\tau \cos(\psi + \alpha) + N_1 \sin(\psi + \alpha) = 0,$$

звідки

$$F_\tau = M_{c1}V_1 \cos \alpha - P \sin \alpha - M_{c2}V_2 + F_\tau \cos(\psi + \alpha) + N_1 \sin(\psi + \alpha). \quad (4)$$

Надалі приймемо, що секундні маси на «вході» в досліджуваний об'єм ґрунту і на «виході» з нього рівні між собою, тобто:

$$M_{c1} = M_{c2} = M_c.$$

Крім того, зауважимо, що відносна швидкість на вході дорівнює швидкості клина V_e , тобто $V_1 = V_e = V$ і секундну масу надалі будемо визначати як

$$M_c = \frac{\gamma}{g} bh V, \quad (5)$$

де γ – питома вага ґрунту.

Для визначення відносної швидкості V_2 звернемо увагу на те, що абсолютне переміщення ґрунту на клині здійснюється паралельно лінії сколювання. З паралелограма швидкостей (рис. 4) знаходимо

$$V_2 = V_r = V_e \frac{\sin \psi}{\sin(\psi + \alpha)}.$$

Враховуючи викладене, замість виразу (4) прийдемо до

$$F_\tau = M_c V \cos \alpha - P \sin \alpha - M_c V \frac{\sin \psi}{\sin(\psi + \alpha)} + F_\tau \cos(\psi + \alpha) + N_1 \sin(\psi + \alpha). \quad (6)$$

З формул (3) і (6), враховуючи вираз (5), можна отримати:

$$\begin{aligned} f \left[P \cos \alpha + \frac{\gamma}{g} bh V^2 (\sin \alpha) + F_\tau \sin(\psi + \alpha) - N_1 \cos(\psi + \alpha) \right] = \\ = \frac{\gamma}{g} bh V^2 \left[\cos \alpha - \frac{\sin \psi}{\sin(\psi + \alpha)} \right] + N_1 \sin(\psi + \alpha) - P \sin \alpha + F_\tau \cos(\psi + \alpha). \end{aligned}$$

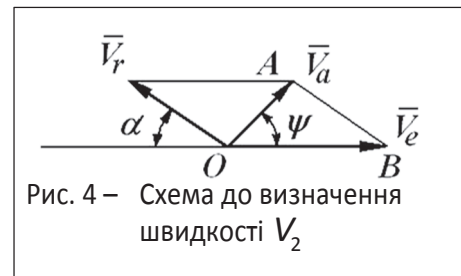
Тоді

$$N_1 = \frac{\left\{ \frac{\gamma}{g} bh V^2 \left[\frac{\sin \psi}{\sin(\psi + \alpha)} + f \sin \alpha - \cos \alpha \right] + P (\sin \alpha + f \cos \alpha) - F_\tau [\cos(\psi + \alpha) - f \sin(\psi + \alpha)] \right\}}{[f \cos(\psi + \alpha) + \sin(\psi + \alpha)]} \quad (7)$$

З визначенням сили N_1 вирази (2) і (6) дозволяють установлювати сили взаємодії клина з ґрунтом. Робочий опір переміщенню клина можна розрахувати, проєктуючи сили N і F_τ на напрямок руху,

$$R = N \sin \alpha + F_\tau \cos \alpha. \quad (8)$$

Як видно з наведених залежностей, опір переміщенню клина за відомих механічних характеристик системи «клин-ґрунт» визначається його розмірами, швидкістю переміщення та кутом нахилу до горизонту (рис. 5). Дослідження залежності опору переміщенню клина від кута його нахилу α проводилось при таких вихідних даних: ширина клина $b = 0,1$ м; заглиблення клина $h = 0,25$ м; швидкість руху клина $V = 2$ м/с; кут тертя $\varphi = 0,475$ рад.; кут внутрішнього тертя $\varphi^1 = 0,526$ рад.; граничний опір $k_4 = 5000$ Па.



За наведеної на рис. 5 залежності опору переміщенню за прийнятих вихідних даних мінімальний опір складає 2300 Н. Як показують розрахунки при варіюванні геометричних характеристик клина і механічних характеристик системи «клин-ґрунт» мінімальний опір завжди реалізується в діапазоні зміни 15-20°.

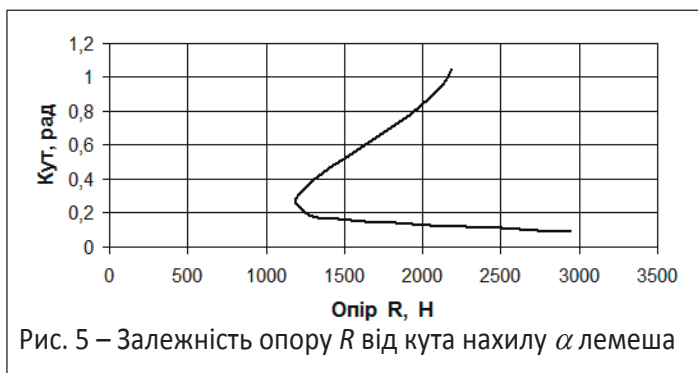


Рис. 5 – Залежність опору R від кута нахилу α лемеша

Висновки

1. На основі лабораторних дослідів та аналізу відносного руху ґрунту по клину розроблена математична модель динамічної взаємодії клина з ґрунтом.
2. Виявлена можливість встановлювати опір переміщенню клина в ґрунті за рівномірного прямолінійного руху по заданих характеристиках клина і ґрунту.
3. На підставі проведених досліджень пропонується вважати раціональним приймати кут нахилу клина в діапазоні 15-20°.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент № 43775 Україна, МПК А 01D 25/04. Викопувальний орган коренезбиральної машини / Кобець А.С., Сокол С.П., Науменко М.М., Кобець О.М., Волик Б.А., Пугач А.М. / ДДАУ. – № U2009 04143; Заявл. 27.04.2009; Опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16.
2. Патент № 49323 Україна, МПК А 01D 25/00. Викопувальний орган коренезбиральної машини / Кобець А.С., Сокол С.П., Науменко М.М., Кобець О.М., Волик Б.А., Пугач А.М. / ДДАУ. – № U2009 11390; Заявл. 09.11.2009; Опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8.
3. Аронин Е.Д. Метод определения коэффициентов рациональной формулы В.П. Горячкина / Е.Д. Аронин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1982. – № 4. – С. 42-44.
4. Василенко П.М. Математические модели почв, как сплошных сред / П.М. Василенко // Научные труды УСХА. – 1978. – Вып. 198. – С. 3-6.
5. Вилде А.А. Влияние конструктивных параметров лемешно-отвальной поверхности и корпуса плуга на их тяговое сопротивление / А.А. Вилде // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Рига, 1983. – Вып. 8 (15), № 4. – С. 203-230.
6. Горячкин В.П. Собрание сочинений / Под ред. Н.Д. Лучинского / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1968. – Т. 2. – 455 с.
7. Дьяков В.П. Об аномальных явлениях отклонениях формулы Горячкина / В.П. Дьяков // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. – № 1. – С. 10-12.
8. Сергеев М.П. О физической сущности составляющих рациональной формулы В.П. Горячкина / М.П. Сергеев // Труды ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1970. – Вып. 43, Ч. 1. – С. 18-21.
9. Игамбердиев И.Х. Приведенное тяговое сопротивление плуга / И.Х. Игамбердиев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981. – № 7. – С. 53-54.
10. Яблонский А.А. Курс теоретической механики / А.А. Яблонский. – М.: Высшая школа, 1977. – Ч. 2. – 531 с.

УДК 621.762:669.788

Толстенко А.В., Карпов В.Ю.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДОРОДА С ПОРОШКАМИ ЖЕЛЕЗА

Досліджено вплив водню на щільність порошків заліза при поліморфних α - γ перетвореннях.

THE INTERACTION OF HYDROGEN WITH IRON POWDERS

The effect of hydrogen on the density of iron powders is researched in the case of α - γ transformations.

Введение. Явление возникновения водородонасыщенных метастабильных подвижных зон в полиморфных металлах дало толчок к исследованиям взаимодействия водорода с металлами при циклическом изменении температуры (ТЦО) вблизи критических точек. Водородонасыщенные зоны (Н-слои) представляют собой слои металла на границе двух фаз при полиморфном превращении. За счёт раз-