

Мареніченко В.В., доцент,
Лепеть Є.І., аспірант
(ДДАЕУ)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДИСКОВОГО ПЛУГА

Мареніченко В.В., доцент,
Лепеть Є.І., аспірант
(ДГАЕУ)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИСКОВОГО ПЛУГА

Marenichenko V.V., Associate Professor
Lepet Ye.I., Doctoral Student
(DSAЕU)

MATHEMATICAL MODEL OF THE DISK PLOW

Анотація. В роботі аналітично обґрунтоване розташування корпусів на рамі дискового плуга виходячи з забезпечення сталості виконання технологічного процесу при зміні кутів постановки диска до напрямку руху та вертикалі. Дослідження ґрунтуються на тому, що поверхня диска утворена переміщенням у просторі криволінійної твірної, що дозволяє в процесі побудови аналітичної моделі використовувати методи досліджень корпусу звичайного полицевого плуга, де твірна прямолінійна. Враховуючи те, що дисковий плуг не може конструктивно мати польову дошку, обґрунтовані раціональні параметри борозного колеса, що дозволяють максимально зменшити поперечну складову тягового опору дисків. Запропонована методика розрахунку компоновки дискового плуга дозволяє максимально зменшити дію бокових сил; використання у якості компенсуючого елемента замість польової дошки борозного колеса є найбільш виправданим.

Ключові слова: дисковий плуг, ґрунт, тяговий опір

Постановка проблеми. Дослідження робочих органів дискового типу та машин на їх основі являють собою досить складну задачу. Складність аналітичного дослідження обумовлена перш за все багатофакторністю процесів, що описуються та їх імовірнісним характером. Відсутність чіткої математичної моделі у свою чергу ускладнює розрахунок та проектування машини. Як наслідок, основний тягар на відпрацювання конструктивних параметрів лягає на польові та лабораторні випробування.

Аналіз досліджень та публікацій. Аналізом встановлено, що практично всі параметри даних машин відпрацьовувались експериментально і мають обмежену аналітичну основу; сили, що діють на диск практично не можливо привести до однієї рівнодіючої і тому в розрахунках доводиться користуватись головним вектором та моментом.

Дисковий плуг з розташуванням дисків за класичною схемою полицевого плуга має переваги у порівнянні з дискатором при використанні на глибинах обробітку 15 см та більше. Проте, невирішеною є проблема стабілізації його ходу при кількості дисків більше за три.

Метою роботи є аналітичне обґрунтування схеми розташування дисків на рамі дискового плуга.

Виклад основного матеріалу досліджень. Напрямок дії результуючої сили тяги дискового плуга при зміні кутів постановки диска на відміну від дискатора буде змінюватись. Розглянемо розрахункову схему (рисунок 1).

Помістимо площину XOY перпендикулярно напрямку руху диска. Сам диск розмістимо в площині, встановленій під кутом α до напрямку руху і кутом β до вертикалі. Коло диска утворене переміщенням точки B' при зміні центрального кута γ . Перпендикуляр $O'C$ співпадає з віссю стояка диска і проходить через OZ . Проекція на XOY точки B' буде являти собою профіль борозни.

Особливе значення в проекції буде мати точка A , яка являє собою максимальне значення глибини борозни і положення якої відносно OZ суттєво впливає на напрямок результуючої сили тяги.

З розрахункової схеми рівняння профілю борозни

$$X = R \cos \alpha (\sin \beta + \cos \gamma), \quad (1)$$

$$Y = R(1 - \sin \gamma) \cos \beta. \quad (2)$$

Аналіз залежностей показує, що положення борозни та її профіль суттєво залежать від кутів постановки диска. Так, абсолютний максимум дна борозни може змінювати своє положення в межах $0,63R$, що при $R = 450$ мм та $R = 650$ мм становить відповідно 284 мм та 410 мм. Проте, більш реальний діапазон зміни становить $0,07R$, відповідно 32 мм та 45 мм.

У відповідності до розрахункової схеми (рис. 2) визначаємо Δ_1 та Δ_2 , відповідно відстані між осями стояків та по ходу машини.

З розрахункової схеми (рис. 2) відстань Δ_1 не повинна перевищувати

$$\Delta_1 < 2R \cos \gamma_h = 2R \cos \left[\arcsin \left(1 - \frac{h}{R \cos \beta} \right) \right]. \quad (3)$$

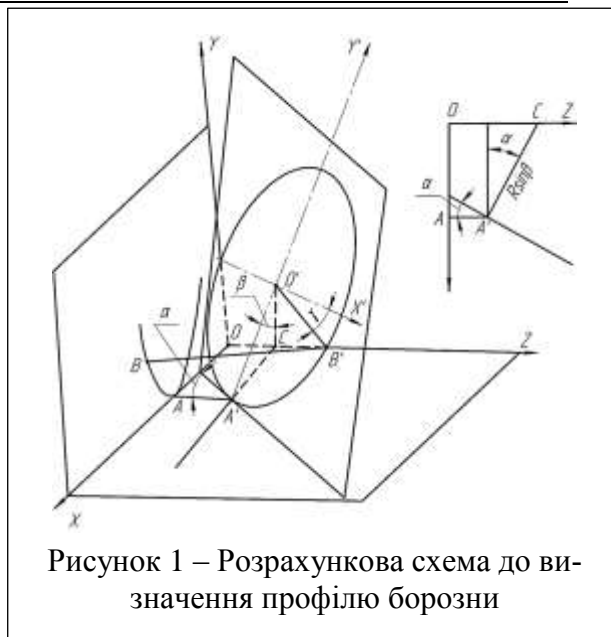


Рисунок 1 – Розрахункова схема до визначення профілю борозни



Рисунок 2 – Розрахункова схема до визначення Δ_1 та Δ_2

Відстань Δ (Δ_2) між дисками в продольному напрямку повинна забезпечувати вільне проходження ґрунтового потоку при зміні кутів параметрів постановки дисків (рис. 2).

Як показує практика експлуатації дискаторів, диск зберігає працездатність при зануренні у ґрунт не більше ніж на $2/3$ його радіусу. Це відповідає центральному куту $\gamma = 20^\circ$. Максимальна глибина борозни в цьому випадку

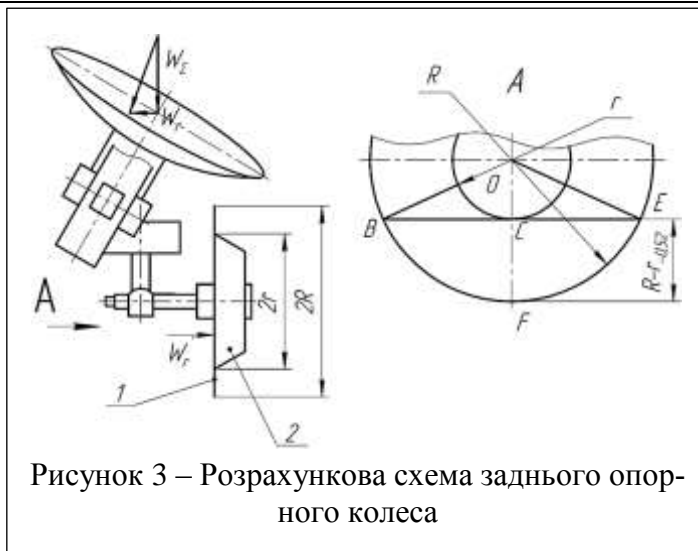


Рисунок 3 – Розрахункова схема заднього опорного колеса

$$a = 0,66R \cos \beta. \quad (4)$$

Ширина захвату диска

$$b_p = R \cos \alpha (\sin \beta + \cos 20^\circ) - R \cos \alpha (\sin \beta + \cos (180^\circ - 20^\circ)) = 1,88R \cos \alpha.$$

Таким чином, відстань між дисками у повздовжній площині

$$\Delta > 1,88R \cos \alpha, \quad (5)$$

кут нахилу поздовжньої балки рами

$$\theta = \arcsin \frac{\cos \left[\arcsin \left(1 - \frac{h}{R \cos \beta} \right) \right]}{0,94 \cos \alpha}. \quad (6)$$

За своїм призначенням заднє опорне колесо повинно компенсувати дію реакції ґрунту у поперечній площині, тобто його дія аналогічна дії польової дошки полицевого плуга. Конструктивно опорне колесо складається з диска 1 і опорного котка 2 (рис. 3).

Бокове зусилля сприймається диском колеса, а опорний коток обмежує його занурення. Таким чином, робоча частина диска 1 обмежена площею сегменту BCEF.

З розрахунку тягового опору нами отримане значення повздовжньої складової сили опору. Поперечна складова цієї сили

$$W_r = W_z \sin \alpha. \quad (7)$$

Ця сила повинна бути компенсована силою зминання ґрунту диском колеса

$$W_r^i = W_r = qSh \quad (8)$$

або

$$S = \frac{W_r}{q \cdot h}, \quad (9)$$

де q – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту; S – площа контакту; h – припустима глибина зминання.

Введемо позначення $k = r/R$. Тоді рівняння (9) прийме вид

$$S = R^2 \left[\arccos(k) - k\sqrt{1-k^2} \right]. \quad (10)$$

Якщо задатися величиною R , то площа контакту буде визначатись величиною k ; представимо результати розрахунку наведені на рис. 4. У зв'язку з тим, що у довідковій літературі одиниці виміру як правило q [Н/см³] та h [см], площу контакту наводимо у [см²].

Таким чином, для визначення радіусу котка борозного колеса необхідно визначити мінімально необхідну площу контакту і потім, задавши величину R за графіком (рис. 4), визначити k . Потрібний радіус буде дорівнювати $r = k \cdot R$.

Висновки. Особливістю дискового плуга є те, що напрямок дії сили тяги не співпадає з полицевим плугом і тому змінюється у відповідності до зміни кутів постановки дисків. Тому, використання рами серійного плуга хоча і є можливим, але не оптимальним. Запропонована методика розрахунку компоновки дискового плуга дозволяє максимально зменшити дію бокових сил, але повністю їх компенсувати не є можливим. Використання у якості компенсуючого елемента замість польової дошки диска борозного колеса в даній конструкції є найбільш виправданим.



Рисунок 4 – Залежність площі контакту диска борозного колеса від співвідношення $k = r/R$

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Семенюта, А.М. Результати польових випробувань дискового плуга, адаптованого для роботи в умовах півдня України / А.М. Семенюта, Б.А. Волик, В.О. Дубовик // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – Вип. 43, ч. 1. – С.335-340.
2. Павленко, С.И. Влияние угла постановки дисков дискового плуга на структурно – агрегатный состав почвы и тяговое сопротивление орудия / Павленко С.И., Волик Б.А., Марениченко В.В., Семенюта А.Н. // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А.Чудакову, В.А.Скотникову (Минск, 28 – 30 ноября 2013 г.) / Под.общ. ред. И.Н.Шило. – Минск: БГАТУ, 2013. С. 348-351.
3. Результати польових досліджень дискового плуга в умовах півдня України / Теслюк Г., Волик Б., Лісунов П., Лепеть Є. // Техніка і технології в АПК: науково-виробничий журнал. – Дослідницьке, УкрЦВТ. – 2014. – Вип.6(57). – С. 22-26.

REFERENCES

1. Semenyuta, A.M., Volyk, B.A. and Dubovyk, V.O. (2013), "The results of field trials disk plow, adapted to work in the south of Ukraine", *Design, production and operation of agricultural machinery*, no. 43, vol. 1, pp. 335-340.

2. Pavlenko, S.I., Volik, B.A., Marenichenko, V.V. and Semenyuta, A.N. (2013), "The impact angle of the plow disk drives setting on the structural – aggregate composition of the soil and the draft of the instrument", *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy vedushchim uchenym BGATU, sozdatelyam nauchnoy shkoly po avtotraktorostroyeniyu D.A.Chudakovu, V.A.Skotnikovu* [Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to famous BSATU scientists, the founders of scientific school of tractor D.A. Chudakov, V.A. Skotnikov], *Nauchno-tekhnicheskyy progress v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve* [Scientific-technical progress in agriculture production], Minsk, Belarus, November 28-30, pp. 348-351.

3. Teslyuk, G.B., Volyk, B.A., Lisunov, P. and Lepet, E. (2014), "The results of field studies of disk plow in the south of Ukraine", *Engineering and technology in agriculture, research and production magazine*, no. 6 (57), pp. 22-26.

Про авторів

Мареніченко Валентин Васильович, доцент, доцент кафедри сільськогосподарських машин Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету, Дніпропетровськ, Україна, info@dsau.dp.ua

Лепет Євген Іванович, аспірант кафедри сільськогосподарських машин Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету, Дніпропетровськ, Україна, info@dsau.dp.ua

About the authors

Marenichenko Valentin Vasilyevich, Assistant Professor, Assistant Professor of agricultural machines Dnepropetrovsk State Agrarian-Economic University, Dnepropetrovsk, Ukraine, info@dsau.dp.ua

Lepet Yevhen Ivanovich, doctoral student of agricultural machines Dnepropetrovsk State Agrarian-Economic University, Dnepropetrovsk, Ukraine, info@dsau.dp.ua

Аннотация. В работе аналитически обосновано расположение корпусов на раме дискового плуга, исходя из обеспечения устойчивости выполнения технологического процесса при изменении углов постановки диска к направлению движения и вертикали. Исследования основываются на том, что поверхность диска образована перемещением в пространстве криволинейной образующей, что позволяет в процессе построения аналитической модели использовать методы исследований корпуса обычного полочного плуга, где образующая прямолинейна. Учитывая то, что дисковый плуг конструктивно не может иметь полевую доску, обоснованы рациональные параметры бороздного колеса, позволяющие максимально уменьшить поперечную составляющую тягового сопротивления дисков. Предложенная методика расчета компоновки дискового плуга позволяет максимально снизить действие боковых сил; использование в качестве компенсирующего элемента вместо полевой доски бороздного колеса является наиболее оправданным.

Ключевые слова: дисковый плуг, почва, тяговое сопротивление

Abstract. Location of cases on the disk plow frame is analytically grounded in terms of ensuring a stable technological process at changing angles of the discs to the direction of drive and vertical line.

The research is based on the fact that surface of the disk is formed by in-space-moving of the curvilinear generatrix; this allows, in designing of an analytical model, applying research methods for the case of standard rack plow where the generatrix is rectilinear. Taking into account that the disk plow can't constructively have a landside, rational parameters are grounded for the furrow wheel allowing to minimize a transverse component of the disk tractive resistance. The proposed method for computing plow disk layout can minimize effect of lateral forces. Furrow wheel used as a compensating element instead of the landside is mostly justified.

Keywords: disk plow, soil, traction resistance

Статья поступила в редакцию 15.04.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук, проф. В.И. Дырда