



ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 631.313.6

Бендера І.М.

д.пед.н., професор

кафедра фізико-математичних та загально-технічних дисциплін

Подільський державний аграрно-технічний університет

Кам'янець–Подільський, Україна

E-mail: ivan_bendera@mail.ru

Василинич М.А.

аспірант

кафедра сільськогосподарських машин та механізованих технологій

Подільський державний аграрно-технічний університет

Кам'янець–Подільський, Україна

E-mail: vasylynich.n.a@gmail.com

ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ЧЕРЕЗ РОТОР КОМБІНОВАНОГО ПЛУГА

Анотація

Механічний обробіток ґрунту є важливим технологічним процесом в землеробстві, проводиться з метою глибокого рихлення ґрунту, обороту пласта, заробки рослинних і корневих решток, та попередньо внесених добрив. Перспективним напрямком слід вважати об'єднання окремих сільськогосподарських операцій в єдиний технологічний процес, якщо набір останніх не суперечить технології вирощування сільськогосподарських культур.

В Подільському державному аграрно-технічному університеті запропоновано конструкцію комбінованого плуга в якій передбачено одночасне виконання глибокої оранки лемішно - полицевими робочими органами, активне крошення пласта вертикальними роторами та внесення мінеральних добрив (сумішів) на всю глибину орного шару.

В наукових матеріалах наведено аналітичний аналіз процесу внесення добрив через внутрішню порожнину ротора, де робочими елементами виступають лопатки променів кріплення ножів. Використовувався метод силового аналізу руху частинок добрив по поверхні лопаток.

Визначено умови руху, частота обертання, просторове положення лопаток.

***Ключові слова:** добрива, ротор, плуг, ґрунт, сила відцентрова, сила Каріоліса, напрям руху, радіус, частота обертання.*

Вступ. Підготовку ґрунту під посів або посадку сільськогосподарських культур можливо провести через повний набір окремих операцій – внесення добрив, глибока оранка, поверхневий обробіток – дискування, культивация, вирівнювання. Часто останні

три операції можуть бути замінені за своєю технологічною суттю – активним обробітком – фрезеруванням.

Однак окреме проведення вказаних операцій приводить до значного збільшення собівартості підготовки одиниці площі під посів (посадку) сільськогосподарських культур через перевитрату палива, оплати праці, збільшення часу на підготовку ґрунту, а значить втрат вологи, погіршення оптимальних агропоказників, наприклад наявність вологи в ґрунту.

На даному етапі розвитку сільського господарства зокрема землеробської механіки існуючі технології передбачають до 40% використання плугів, в меншій мірі активних ґрунтообробних машин [1].

Останні мають ряд технологічних переваг – це об'єднуючий характер технологічного процесу, універсальність щодо управління якістю на ґрунтах з різними механіко технологічними властивостями і наявністю раціонального використання потужності двигуна енергетичного засобу через вал відбору потужності [1].

Досвід аграрного виробництва засвідчує досить вагому складову в отриманні високих урожаїв при внесенні мінеральних добрив, однак є фактори які обмежують ефективність добрив. Основним із них є нерівномірність розподілу добрив по глибині та площі.

Об'єднання названих операцій в єдиний технологічний процес викристалізує всі позитиви окремо взятих операцій, тому науковий супровід створення комбінованих машин зокрема комбінованих плугів є актуальною проблемою і необхідною для забезпечення технічного прогресу в землеробстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велика робота з вивчення комбінованих ґрунтообробних машин зокрема комбінованих плугів проведено в: Росії - І.М. Пановим, В.І. Ветохіним, В.А. Шмоніним; в Білорусії - З.В. Ловкісом, в Україні І.М. Бендерою, М.Д. Подскребком.

Результати досліджень стали підставою для створення експериментальних конструкцій комбінованих плугів, та обґрунтування основних технологічних параметрів і режимів роботи.

Зокрема вчені російської школи вважають доцільним та перспективним використанням роторів з ударними елементами. Відповідно науковий пошук базувався на теорії крошення ґрунтового пласта від удару [1, 2, 3].

Вчені білоруської школи обрали напрям створення комбінованих плугів на основі використання роторів з різальними елементами [4, 5, 6, 7, 8].

Питанням вивчення технологічного процесу локального, одночасно з глибоким обробітком ґрунту внесення мінеральних добрив присвячені розробки Луганського національного аграрного університету, зокрема вчених В.С. Муштай, В.Я. Коваль. [9, 10, 11, 12, 13] За об'єкт досліджень вище згаданими авторами було обрано глибокорихлювач ґрунту і туковисівну систему та доведено агробіологічну ефективність локального пошарового внесення мінеральних добрив.

В Подільському державному аграрно-технічному університеті розроблено конструкцію комбінованого плуга рисунок 1, який реалізує наступні технологічні операції – підрізання і поворот пласта, внесення пошарово мінеральних добрив, подрібнення пласта вертикальним ротором з одночасним перемішуванням мінеральних добрив, кореневих і рослинних залишків.

Мета. Виходячи з особливостей проведення комплексу робіт з підготовки ґрунту до посіву (посадки) сільськогосподарських культур, як об'єкту, необхідності подальшого обґрунтування технологічних параметрів і режимів роботи комбінованих плугів, як предмету, метою наукових досліджень є визначення умов, режимів та особливостей руху

мінеральних добрив від туковисівної системи через тукопроводи до лопаток розкидачів вертикального ротора.

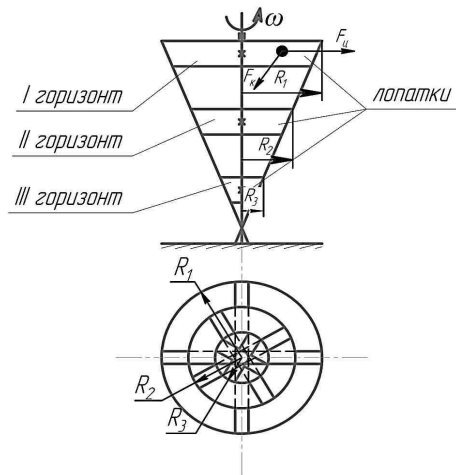


Рис. 1. Схема ротора з лопатками розкидачами добрив

Відповідно до об'єкту, предмету та мети визначено наступні завдання досліджень:

- уточнити технологічні параметри та режим роботи елементів туковисівної системи;

- обґрунтувати параметри – форму та переріз тукопроводів;

- провести аналіз сил, діючих на частинки добрив і обґрунтувати основні технологічні параметри елементів ротора, які вносять добрива в пласт.

Результати. Мінеральні добрива з тукового ящика через висівні апарати подаються в тукопроводи а далі в порожнини вертикальних роторів, які обертаються.

Прямого впливу на технологічний процес внесення добрив робочі вузли тукових ящиків не мають, тому можна вважати достатнім перевірку параметрів та режимів роботи робочих елементів – тукових ящиків та висівних апаратів з огляду на забезпечення технологічного процесу та агрономог.

Об'єм тукового ящика визначається з урахуванням максимальної норми внесення добрив N_{\max} , довжини гону l_{Γ} , ширини захвату плуга B_p , прогнозу кількості робочих ходів з одним завантаженням K_3 , величини насипної щільності добрив γ , та ступені завантаження добрива η .

$$V = \frac{N_{\max} \cdot l_{\Gamma} \cdot B \cdot K_3}{\eta \cdot \gamma}; \quad (1)$$

У формулі (1) необхідно дотримуватися системних одиниць в цілому і параметрів N_{\max} та γ зокрема для отримання необхідних одиниць об'єму – літри, або m^3 .

Якщо для дозування витрат добрив вибрані котушкові висівні апарати, то визначається мінімальна і максимальна колова частота обертання в залежності від значень мінімальної ω_{\min} і максимальної ω_{\max} норми внесення.

$$\omega_{\min} = \frac{N_{\min} \cdot B_p \cdot \pi l_{\Gamma}}{V_K \cdot l_p}; \quad (2)$$

$$\omega_{\max} = \frac{N_{\max} \cdot B_p \cdot \pi l_{\Gamma}}{V_K \cdot l_p}; \quad (3)$$

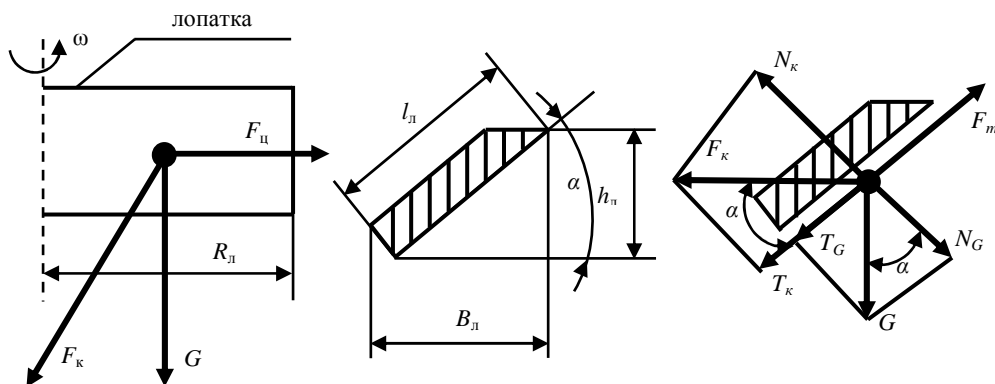


Рис. 2. Визначення умов переміщення добрив роторів комбінованого плуга

В межах встановленої частоти обертання (передаточне число приводу котушки) передбачено плавне регулювання норми зміною робочої довжини котушки l_p в межах конструктивної l_k .

Робочий об'єм котушки вибирається за технічною характеристикою і перевіряється за формулою із вхідними числами жолобків z , діаметра котушки d_k , товщини приведенного шару добрив S_d , попереднього жолобка S , ступені заповнення.

$$V_k = \left[\xi z \cdot S + \frac{1}{4} \pi (2d_k C + C^2) \right] l_k; \quad (4)$$

Тукопровід вибирається за технологічною пропускною здатністю. Згідно до рекомендацій [14] виходячи із відомих (бажаних) чинників – ширини захвату B_p , максимальної норми N_{\max} , поступальної швидкості V_p , висоти розміщення H , щільності добрив γ , числа тукопроводів, величина поперечного перерізу визначається за формулою

$$F = \frac{EN_{\max} V_p}{\pi \sqrt{V_p^2 + 2gHy}}; \quad (5)$$

Розмір перерізу визначається через порівняння величин перерізів необхідного і розрахованого за геометричною формулою

$$F = F_k; \quad (6)$$

Так для круглого значення діаметр буде рівним

$$d = \sqrt{\frac{F}{\pi}}; \quad (7)$$

G - сила ваги

$$G = mg; \quad (8)$$

$F_{\text{ц}}$ - сила відцентрова

$$F_{\text{ц}} = m\omega^2 R; \quad (9)$$

F_k - сила Каріоліса

$$F_k = 2\bar{m}\omega^2 R; \quad (10)$$

Сила нормальна від сили ваги

$$N_G = G \cdot \cos \alpha = mg \cos \alpha; \quad (11)$$

Сила дотична від сили ваги

$$T_G = G \cdot \sin \alpha = mg \sin \alpha; \quad (12)$$

Сила дотична від сили Каріоліса

$$T_K = F_K \cdot \cos \alpha = 2\bar{m}\omega^2 R \cos \alpha; \quad (13)$$

Сила нормальна від сили Каріоліса

$$N_K = F_K \cdot \sin \alpha = 2m\omega^2 R \sin \alpha; \quad (14)$$

Сила тертя частинок по поверхні ножа

$$F_m = (N_K - N_G)f; \quad (15)$$

$$F_m = (2m\omega^2 R \sin \alpha - mg \cos \alpha) \operatorname{tg} \varphi; \quad (16)$$

Умова руху частинки радіально до ножа

$$F_{\text{ц}} \geq F_m; \quad (17)$$

Умова руху частинок вниз по ножу

$$T_G + T_K \geq F_m; \quad (18)$$

З формули (17) визначаємо частоту обертання при якій добрива будуть переміщатися радіально в зону різання пласта

$$m\omega^2 R \geq 2\bar{m}\omega^2 R \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi - mg \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi; \quad (19)$$

$$\omega \geq \sqrt{\frac{mg \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi}{mR - 2\bar{m}R \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi}}; \quad (20)$$

З формули (18) визначається мінімальна частота обертання при якій частинки добрив будуть переміщатися в низ по площині лопатки

$$mg \sin \alpha + 2m\omega^2 R \cos \alpha \geq 2m\omega^2 R \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi - mg \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi; \quad (21)$$

$$\omega \geq \sqrt{\frac{mg \sin \alpha + mg \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi}{2mR \cos \alpha - 2mR \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi}}; \quad (22)$$

Висновки і перспективи. В результаті проведених досліджень:

- уточнено технологічні параметри та режими роботи робочих елементів туковисівної системи – частоти обертання висівних апаратів з огляду на забезпечення мінімальної та максимальної норми внесення, наведено аналітичний вираз для визначення технологічного об'єму тукового ящика;
- визначено значення величини перерізу тукопроводів з огляду на забезпечення необхідної пропускної здатності добрив від висівних апаратів до ротора;
- проведено силовий аналіз руху добрив по лопатках ротора, визначена частота обертання ротора з огляду забезпечення технологічності роботи та необхідної подачі;
- на основі силового аналізу руху добрив по лопатках ротора визначена частота обертання з огляду забезпечення технологічності роботи та необхідної подачі.

Список використаних джерел

1. Ветохин В.И., Панов И.М., Шмонин В.А., Юзбашев В.А. Тягово-приводные комбинированные почвообрабатывающие машины: Теория, расчет, результаты испытаний: монография. Київ : Феникс, 2009. 264 с.: илл.
2. Панов И.М., Токушев Ж.Е. Теория, конструкция и расчет ротоциклонных почвообрабатывающих машин. Кокшетау: Изд. Кокшетауского университета, 2005. 314 с.
3. Шмонин В.А. Теоретическое и экспериментальное исследование работы комбинированных плужных корпусов. Сб. науч. тр. ВИСХОМ. 1972. Вып. 69. С.19-26.
4. Ловкис З.В., Бендера И.Н. Обоснование взаимного расположения корпуса и ротора комбинированного плуга. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1986. Вып. 29. С. 10-19.
5. Ловкис З.В., Бендера И.Н. Плуг для обработки тяжелых переувлажненных почв с гидроприводом роторов. *Тракторы и сельхозмашины*. 1987. №1. С. 12-14.
6. Ловкис З.В., Бендера И.Н. Обоснование формы ротора комбинированного плуга.

Земледельческая механика. Москва. МИИСП, 1985. С. 17-19.

7. Бендера И.Н., Лахмаков В.С. Обоснование геометрических параметров режущих элементов ротора комбинированного плуга. *Механизация возделывания и уборки картофеля в Белорусской ССР*. Горки, 1987. С. 53-58.

8. Бендера И.Н. Применение комбинированного плуга для обработки почвы под картофель. *Механизация возделывания и уборки картофеля в Белорусской ССР*. Горки, 1987. С. 84-87.

9. Муштай В.С. Некоторые теоретические исследования процесса распределения минеральных удобрений по глубине при локальном внесении. *Збірник наукових праць Луганського державного аграрного університету*. Луганськ, №4 (10) 1999. С. 81-85.

10. Коваль В.Я., Муштай В.С. Результаты экспериментальных исследований локального внесения минеральных удобрений распределяюще – заделывающими устройствами. *Збірник наукових праць Луганського державного аграрного університету*. Технічні науки. Луганськ: Вид-во ЛДАУ, 2000. №6/17. С. 98-101.

11. Муштай В.С. Определенные качества внесения минеральных удобрений распределяюще – заделывающими устройствами. *Збірник наукових праць Луганського державного аграрного університету*. Серія: Технічні науки. Луганськ: ЛДАУ, 2001. №10(22). С. 137-140.

12. Муштай В.С. Закономерности распределения минеральных удобрений по глубине при локальном внесении. *Сборник научных работ Крымского государственного аграрного университета*. 2005. №84. С. 189-94).

13. Муштай В.С. Обоснование агробиологических требований и технологических параметров распределяющих устройств при локальном внесении минеральных удобрений. Серія: Технічні науки. 2005. № 49(72). С. 175-179.

14. Бендера И.М., Василинич М.А., Дячук А.П. Обґрунтування технологічних перерізів насіннебульботукопроводів. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*.

*Дата надходження статті до редакції : 01.05.2017
1 рецензування 20.05.2017 Прийняття в друк: 05.06.2017*

Bendera I.N.

Dr. Sc. (Pedag.), Professor

Department of Physical and Mathematical and general Technical disciplines

State agrarian and engineering university in Podilya

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail : ivan_bendera@mail.ru

Vasylynych N.A.

Postgraduate Student

Department of mechanized farm machinery and technology

State agrarian and engineering university in Podilya

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail : vasilinich.mikola@mail.ru

FERTILIZING ON THE BASIS OF THE COMBINED PLOW ROTOR

Abstract

Mechanical cultivation is an important technological process in agriculture, connected with deep loosening of soil formation, seam turnover, earnings of root and vegetable residues and pre-fertilizing. The study considers the promising tendency of combining some agricultural operations into one technological process, if the set of the latter is not contrary to the technology of crops growing.

The construction of combined plow which provides the fulfilment of deep plowing with ploughsharing raked working bodies, active layer crumbling with vertical rotors and mineral fertilizing (blending) at the whole depth of topsoil was designed on the basis of State Agrarian and Engineering University in Podilya Study Center.

The analysis of the fertilizing with the help of the internal cavity of the rotor, where the working

elements are blade holders is given in the study.

The method of the power analysis of fertilizing particles movement on the surface of the blades was used in the article.

The conditions of motion, rotation rate, spatial position of the blades were defined in the study.

Keywords: fertilizers, rotor, plow, soil, centrifugal force, the force of Kariolis, direction, radius, rotation rate.

References

1. Vetokhyn, V.Y., Panov, Y.M., Shmonyn, V.A., & Yuzbashev, V.A. (2009). *Tiahovopryvodny kombynyrovanny pochvoobrabatvayushchye mashyny: Teoriya, raschet, rezultati yspytaniy : monografya*. Kyiv : Fenyks [in Rus].
2. Panov, Y.M., & Tokushev, Zh.E. (2005). *Teoriya, konstrukcija i raschet rotacionnyh pochvoobrabatyvajushhij mashin*. Kokshetau: Yzd. Kokshetauskoho unyversyteta [in Rus].
3. Shmonyn, V.A. (1972). Teoreticheskoe i jeksperimental'noe issledovanie raboty kombinirovannyh pluzhnyh korpusov. *Sb. nauch. tr. VYSKhom*, 69. [in Rus].
4. Lovkys, Z.V., & Bendera, I.N. (1986). Obosnovanye vzaymnogo raspolozheniya korpusa y rotora kombynyrovannogo pluga. *Mekhanizatsiya y elektrifikatsiya selskogo khoziaistva*, 29, 10-19. [in Rus].
5. Lovkys Z.V., & Bendera I.N. (1987). Plug dlja obrabotki tjazhelyh pereuvlazhnennyh pochv s gidroprivodom rotorov. *Traktory y selkhoz mashyny, №1*, 12-14. [in Rus].
6. Lovkys Z.V., & Bendera I.N. (1985). Obosnovanie formy rotora kombinirovannogo pluga. *Zemledelcheskaia mekhanyka*, 17-19. [in Rus].
7. Bendera, Y.N., & Lakhmakov, V.S. (1987). Obosnovanie geometricheskijh parametrov rezhushhijh jelementov rotora kombinirovannogo pluga. *Mekhanizatsiya vozdelivanyia y uborky kartofelia v Belorusskoi SSSR*, 53-58. [in Rus].
8. Bendera Y.N. (1987). Primenenie kombinirovannogo pluga dlja obrabotki pochvy pod kartofel'. *Mekhanizatsiya vozdelivanyia y uborky kartofelia v Belorusskoi SSSR*, 84-87. [in Rus].
9. Mushtai, V.S. (1999). Nekotorye teoreticheskie issledovanija processa raspredelenija mineral'nyh udobrenij po glubine pri lokal'nom vnesenii. *Zbirnyk naukovykh prats Luhanskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu, №4 (10)*, 81-85 [in Rus].
10. Koval, V.Ia., & Mushtai, V.S. (2000). Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij lokal'nogo vnesenija mineral'nyh udobrenij raspredel'ajushhe – zadelyvajushhimi ustrojstvami. *Zbirnyk naukovykh prats Luhanskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu. Tekhnichni nauky*, 6/17, 98-101.
11. Mushtai, V.S. (2001). Opredelennye kachestva vnesenija mineral'nyh udobrenij raspredel'ajushhe – zadelyvajushhimi ustrojstvami. *Zbirnyk naukovykh prats Luhanskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu. Serija: Tekhnichni nauky*, 10(22), 137-140.
12. Mushtai, V.S. (2005). Zakonomernosty raspredelenija myneral'nykh udobrenij po hlubyne pry lokal'nom vnesenyy. *Sbornyik nauchnykh rabot Krumnskoho hosudarstvennogo ahrarnoho unyversyteta*, 84, 189-194.
13. Mushtai, V.S. (2005). Obosnovanie agrobiologicheskijh trebovanij i tehnologicheskijh parametrov raspredel'ajushhijh ustrojstv pri lokal'nom vnesenii mineral'nyh udobrenij. *Zbirnyk naukovykh prats Luhanskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu. Serija: Tekhnichni nauky*, 49(72), 175-179.
14. Bendera, I.M., Vasylynych, M.A., & Diachuk, A.P. (2014). Obgruntuvannia tehnolohichnykh pereriziv saninniebulbotukoprovodiv. *Zbirnyk naukovykh prats Podil'skoho derzhavnogo ahrarno-tekhnichnogo universytetu*, 22, 371-376.

Received: May 01, 2017

1st Revision: May 20, 2017 Accepted: June 05, 2017