

ГУНЬКО Ірина

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0001-5470-7413>e-mail: maniy@ukr.net

ГРИБИК Роман

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-4238-8257>e-mail: gribikroman@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ З РОЗРОБКОЮ РЕКОМЕНДАЦІЙ ПІДБОРУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

В роботі наведено математичне обґрунтування підбору кількості робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату в залежності від фізико-механічних параметрів ґрунту, рельєфу поля, агротехнічних вимог сівби та садіння сільськогосподарських культур, екологічних та енергетичних показників операцій передпосівного обробітку ґрунту.

Ключові слова: котки, лапи, ґрунт, агрегат, робочі органи, комбінування.

HUNKO Iryna, HRYBYK Roman

Vinnytsia National Agrarian University

SIMULATION OF A GROUND PROCESSING UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR THE SELECTION OF WORKING BODIES

The paper provides a mathematical rationale for selecting the number of working bodies of the combined tillage unit depending on the physical and mechanical parameters of the soil, the topography of the field, agrotechnical requirements for sowing and planting agricultural crops, ecological and energy indicators of pre-sowing tillage operations.

Improving the quality of terrain use, soil compaction, reducing energy costs, and improving environmental performance during pre-sowing cultivation can be achieved by determining the optimal combination of working bodies in a combined tillage unit. As a rule, pre-sowing treatment is carried out in the state of physical maturity of the soil and in the shortest possible time, not allowing a gap between pre-sowing treatment and sowing, as this leads to loss of soil moisture and a decrease in yield. It has been established that a one-day delay in closing moisture leads to unproductive moisture losses and reduced yield. Therefore, closing moisture is an extremely urgent component of a complete system of pre-sowing field cultivation. In order to protect the soil from excessive destruction and compaction (and, therefore, to preserve moisture in it), the optimal solution is to carry out only one working pass of the equipment immediately before sowing. At the same time, the combined action of various working bodies can both increase and reduce the total traction resistance of agricultural machinery, so the final choice of the composition of the working bodies and the width of the grip can be made only on this basis. Results of field studies of the test model.

Based on the analysis of the structure of the tillage unit, a structural and technical drawing of a multifunctional tillage unit with a variable working body for tractors from 90 to 340 hp is presented. for forming a seed bed and leveling the ground. A thin sowing layer of blocks thanks to the optimal combination of arrow jaws, lamellas and ring tips in the machine. Recommendations on the composition of joint farms have been developed.

Key words: rollers, paws, soil, aggregate, working bodies, combining.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Основними завданнями ґрунтообробки є оптимізація фракційного складу ґрунту, регулювання водно-повітряного, теплового та живильного балансу, створення сприятливих умов розвитку культивованих рослин фітосанітарних умов, зниження негативних наслідків водної та вітрової ерозії ґрунту. Вибір системи ґрунтообробки при вирощуванні сільськогосподарських культур безпосередньо залежить від ґрунтових та кліматичних умов сільськогосподарського виробництва, а також від його рівня інтенсифікації. Для природно-кліматичних умов України, з переважанням північних ділянок лісостепу, доцільно застосування комбінованої системи ґрунтообробки, яка передбачає чергування безвідвальної та відвальної обробки ґрунту. Частота та послідовність зміни виду обробки залежить від прийнятої сівозміни, засміченості ріллі бур'янами тощо.

Аналіз досліджень та публікацій

Сучасні завдання підвищення ефективності ґрунтообробки також неодмінно включають зниження енерго- та трудовитрат. Найважливішим напрямом у цьому аспекті є суміщення технологічних операцій, яке раціонально застосовувати при доповненні плоскорізної обробки, як виду основної обробки ґрунту, операціями з розпушування верхнього шару ґрунту, а також у разі одноразового виконання завершеного комплексу операцій передпосівної обробки. При цьому суміщення операцій крім виконання основного завдання суттєво знижує енерго- та трудовитрати на проведення ґрунтообробки, що підвищує її якість, дозволяє більш раціонально використовувати капіталовкладення. Широке застосування оранки в комбінованій системі основного обробітку ґрунту зумовлює використання традиційних прийомів передпосівної ґрунтообробки, що включає послідовне виконання весняного боронування, дискування або культивування зябку та прикочування, а також культивування чистої пари. До їх недоліків слід віднести високу енерговитратність та трудомісткість, необхідність значної номенклатури технічних засобів, що можливо мінімізувати шляхом

виконання всього комплексу даних технологічних операцій багатофункціональними комбінованими агрегатами. Вибір раціонального поєднання технологічних операцій визначається таким факторами:

- 1) дотримання оптимальних агрономічних термінів проведення операцій та зменшення залежності якості обробки ґрунту від метеоумов;
- 2) зменшення переуцільнення ґрунту через негативний вплив ходових систем МТА за рахунок скорочення числа технологічних ходів;
- 3) можливість використання енергонасичених тракторів на дрібноконтурних полях з нерівним рельєфом за рахунок їх повного завантаження.

Формулювання цілей статті

Мета роботи – обґрунтування конструктивно-технологічної схеми та основних параметрів багатофункціонального агрегату зі змінними робочими органами, здатного виконувати основну безвідвальну обробку ґрунту зі створенням мульчуючого шару і комплекс операцій передпосівної обробки ґрунту.

Виклад основного матеріалу

Для визначення параметрів ґрунтообробного агрегату проведено дослідження функціонування дошки, планчастого барабана, стілкової лапи, зубчасто-кільчастого котка Crosskill та пластинчастого котка [3]. Аналіз результатів експерименту показав, що для компактності конструкції, що актуально при розробці причіпного ґрунтообробного агрегату, найбільш кращий варіант розміщення зубчасто-кільчастої секції на мінімальній відстані 0,4 ... 0,5 м (рис. 4) від заднього пластинчастого котка.

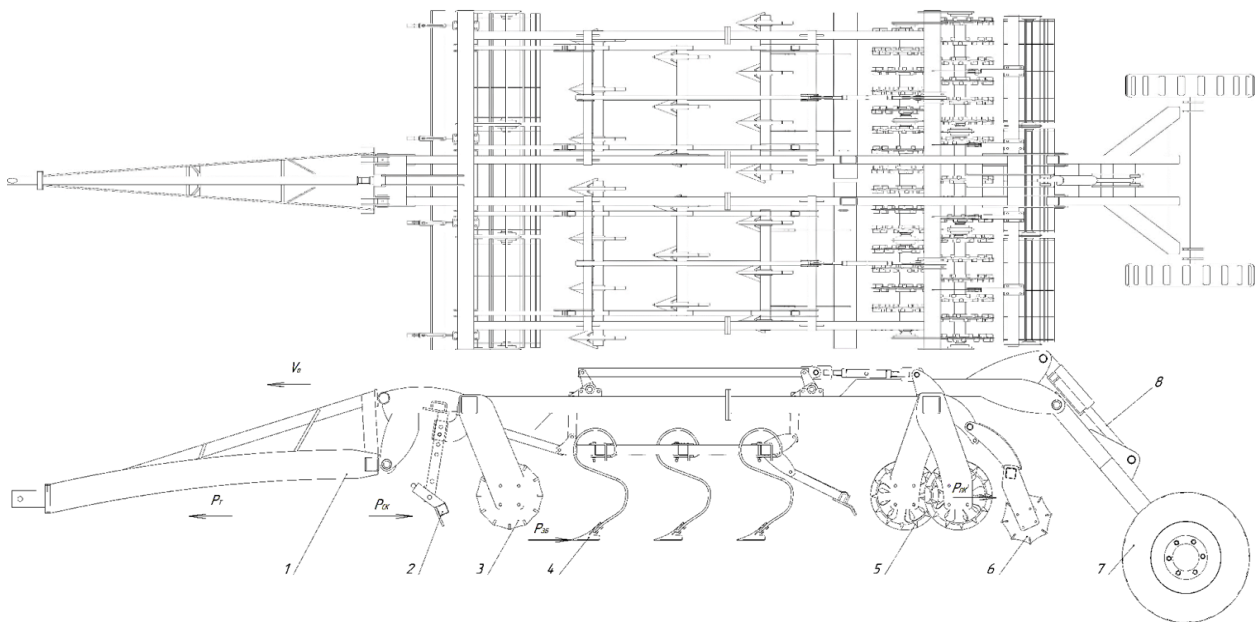


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема причіпного комбінованого ґрунтообробного агрегату
 1 – рама; 2 – дошка; 3 – планчастий барабан; 4 – стілкові лапи; 5 – зубчасто-кільчастий коток Crosskill; 6 – пластинчастий коток; 7 – колесо; 8 – гідроциліндр; P_T – тягове зусилля трактора, Н; P_{CK} – опір ґрунту переміщенню стрілкової лапи, Н; $P_{ПК}$ – опір ґрунту переміщенню прикатуючого котка, Н; $P_{ЗБ}$ – опір ґрунту переміщенню зубчастої борони, Н;
 V_A – швидкість руху агрегату

Відстань між стрілковими лапами та котковою секцією. Робота стрілкових лап являє собою вплив тригранних і прямих двогранних клинів на оброблюваний шар ґрунту. Під час роботи відбувається рух частинок ґрунту по поверхні стрілкових лап. Визначивши відстань, яку пролетить частка ґрунту після його сходження з лапи, можна визначити мінімально допустиму відстань між лапами та котками. У цьому випадку траєкторія руху частинки ґрунту визначається з використанням методики оберненості, при якому вважається, що робочий орган перебуває у нерухомому стані, а частинки ґрунту переміщуються по поверхні лапи вгору і після сходження з неї перебувають у фазі польоту до опускання на дно борозни. Початкова швидкість частки M при сходженні з крила стрілкової лапи:

$$\mathcal{G}_0 = \mathcal{G}_a / \cos \beta_k \quad (1)$$

\mathcal{G}_a – швидкість агрегату, м/с; максимальна швидкість $\mathcal{G}_a = 3$ м/с.

Вектор початкової швидкості \mathcal{G}_0 відхиляється від горизонталі на кут β_k

$$\beta_k = \beta - \varphi \quad (2)$$

де β – кут кришення ґрунту, рівний куту нахилу лапи, $\beta = 20^\circ$; φ – кут тертя ґрунту по сталі, для легко- та середньосуглинистих ґрунтів $\varphi = 20\text{--}27^\circ$.

Диференціальні рівняння для частки ґрунту М, на який впливає сила тяжіння $G = mg$, мають вигляд:

$$\frac{md\vartheta_x}{dt} = 0; \frac{md\vartheta_y}{dt} = -mg \quad (3)$$

Після інтегрування та подальших перетворень кінцеве рівняння для визначення відстані $x_{max} = S$, на яку віддаляється лапа за час польоту частинки ґрунту набуде вигляду:

$$x_{max} = S = \frac{-tg\beta_k + \sqrt{tg^2\beta_k + 2gH / \vartheta_A^2}}{g} \quad (4)$$

При підстановці числових значень отримаємо $S = 0,4$ м. У цьому випадку розглянуто рух частки ґрунту по поверхні лапи. У дійсності висота оброблюваного пласта ґрунту максимально може досягати 0,25 м. Вважаючи, що частки верхнього шару ґрунту рухаються по параболічній траєкторії паралельно розглянутому випадку, можна припустити, що мінімально можлива відстань між рядами лап і коткових секцій, дорівнюватиме сумі відстані польоту частинки ґрунту, після сходження з лапи, і висоті оброблюваного пласта ґрунту. Мінімально допустима відстань від задньої частини лапи до точки заглиблення котків борони, при якому не відбуватиметься нагромадження ґрунту після його сходження з лап перед котковою секцією, має бути не менше 0,65 метра або при переведенні у відстань від крайньої задньої точки лапи до найближчої точки на передній частині котка – не менше ніж 0,55 метра.

Кількість робочих органів, що входять у склад комбінованого ґрунтообробного агрегату під час передпосівної обробки ґрунту знаходимо з використанням коефіцієнта уточнення кількості робочих органів θ , значення якого отримані на основі експериментів та розраховується за формулою (5):

$$\theta = \begin{cases} 1 & \text{при } \varpi = 0 \\ 0,97 \exp(-0,0987) & \text{при } \varpi > 0 \end{cases} \quad (5)$$

де θ – коефіцієнт уточнення кількості робочих органів;

ϖ – найбільш вагомий фактор при підготовці поля до посіву різних сільськогосподарських культур (вологість, твердість, глибина обробки, гребінчастість, розмір грудки), %, можливе використання середнього значення декількох показників.

Знайдемо кількість робочих органів виходячи з $P_{кр}$ сили опору ґрунтообробної машини (сила тяги на крюку трактора), що визначається за формулою.

$$P_{кр} = K_c B h i \quad (6)$$

Таблиці 1

Рекомендації щодо складу комбінованого ґрунтообробного агрегату

Фізико-технічні показники				Компонування	Енергетичні показники			Екологічні показники	
Глибина обробітку, h, см	Вологість ґрунту, V, %	Розмір грудки, b, см	Величина гребнів, С, см	Склад агрегату (стрілчаті лапи+ барабан+ коток+ вирівнююча дошка+ пластинчастий коток)	Необхідна та тягова потужність енергозасобу No, кВт	Показники тягового опору, T, кН	Загальна енергосміність, Eo, Мдж/га	Викиди CO2, %	Ущільнення ґрунту, г/см3
16	23	1,5	2	стрілчаті лапи+ барабан+коток+ вирівнююча дошка+ пластинчастий коток	158	47	121	91	1,3
12	18,5	2,5	2	стрілчаті лапи+барабан+ коток+вирівнююча дошка	131	34	108	88	1,23
9	15,5	2,5	3,5	стрілчаті лапи+ коток+ вирівнююча дошка+ пластинчастий коток	128	38	111	81	1,15
9	16	5	3,5	коток+ вирівнююча дошка+ пластинчастий коток	103	31	104	78	1,1
7,5	15,5	2,5	2	барабан+коток+ вирівнююча дошка	141	40	116	73	1,2
6	18,5	4	4	барабан+коток+ вирівнююча дошка	98	37	99	71	1,1
3,5	15	5	3,5	барабан+ вирівнююча дошка+ пластинчастий коток	95	35	89	70	1,17

де K_c – питомий опір робочого органу ґрунтообробної машини; B – ширина захвату

робочого органу машини; h – глибина обробки ґрунту; i – кількість робочих органів ґрунтообробної машини.

Перетворивши формулу з урахуванням коефіцієнта уточнення кількості робочих органів знайдемо кількість робочих органів ґрунтообробної машини:

$$i = \frac{P_{кр}}{K_c B h \theta} \quad (7)$$

На базі отриманих математичних залежностей розроблені відповідні рекомендації для підбору кількості робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату (табл. 1)

Разом з тим, спільне функціонування різних робочих органів може як підвищувати, так і знижувати загальний тяговий опір ґрунтообробного агрегату, тому остаточний вибір складу робочих органів та ширини захоплення може бути зроблено лише на підставі результатів польових досліджень дослідного зразка агрегату.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В результаті проведеного аналізу конструкцій ґрунтообробних агрегатів запропоновано конструктивно-технологічна схема багатофункціонального ґрунтообробного агрегату з змінними робочими органами для тракторів від 90 до 340 кінських сил, призначена для утворення насінневого ложа і вирівнювання дрібно грудочкуватого посівного шару ґрунту, що створюється завдяки оптимальному поєднанню у машині стрілочастих лап, планкових та кільчасто-шпорових котків. Розроблені рекомендації щодо складу комбінованого ґрунтообробного агрегату

Література

1. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня : зб. наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки. 2012. Вип. 11. Т. 2 (66). С. 8–14.
2. Булгаков В.М., Адамчук В.В. Стан та перспективи створення в Україні сучасних сільськогосподарських машин. Наук. вісник Луганського нац. аграр. ун-ту. 2011. № 29. С. 252–260.
3. Kaletnik H., Adamchuk V., Bulgakov V., Kyurchev V., Nadykto V. Main problems in the field of agricultural mechanization in Ukraine. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». № 3 (95). 2016.
4. Грибик Р.І. Аналіз комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. № 2(105). С. 93–99.
5. Мельника І.І. Практикум із машиновикористання в рослинництві : навч. посіб. К. : Кондор. 2004. 284 с.
6. Бурлака С.А., Яропуд В.М., Здирко Н.Г. Рекомендації щодо оцінки та діагностування дизельного двигуна при використанні біопалива. Вісник Хмельницького національного університету. 2021. № 4 (299). С. 169-174.
7. Ярощук Р.О., Гулько І.В., Бурлака С.А. Вибір оптимальної методики покращення складу сумішевого біопалива з рослинних олій. Вісник Хмельницького національного університету. 2018. № 4 (263). С. 123-128.
8. Погорілий В.В., Шустік Л.П. Перспективне знаряддя для обробітку ґрунту та догляду за рослинами. Техніка АПК. 2002. № 1. С. 16–27.
9. Войтюк Д.Г., Барановський М.В., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. К. : Вища освіта, 2005. 464 с.
10. Мельника І.І. Практикум із машиновикористання в рослинництві : навч. посіб. К. : Кондор. 2004. 284 с.

References

1. Adamchuk V.V., Bulhakov V.M., Ivanyshyn V.V. Pro rozrobku i stvorennia v Ukraini silskohospodarskykh mashyn suchasnoho rivnia : zb. nauk. prats Vinnytskoho natsion. ahrar. un-tu. Serii: Tekhnichni nauky. 2012. Vyp. 11. T. 2 (66). S. 8–14.
2. Bulhakov V.M., Adamchuk V.V. Stan ta perspektyvy stvorennia v Ukraini suchasnykh silskohospodarskykh mashyn. Nauk. visnyk Luhanskoho nats. ahrar. un-tu. 2011. № 29. S. 252–260.
3. Kaletnik H., Adamchuk V., Bulgakov V., Kyurchev V., Nadykto V. Main problems in the field of agricultural mechanization in Ukraine. Vseukrainskyi naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Tekhnika, enerhetyka, transport APK». № 3 (95). 2016.
4. Hrybyk R.I. Analiz kombinovanykh ahrehativ dlia передposivnoho obrobittku ґрунту. Tekhnika, enerhetyka, transport APK. 2019. № 2(105). С. 93–99.
5. Melnyka I.I. Praktykum iz mashynovykorystannia v roslynnytstvi: navch. posib. K.: Kondor. 2004. 284 s.
6. Burlaka S.A., Yaropud V.M., Zdyrko N.H. Rekomendatsii shchodo otsinky ta diahnostuvannia dyzelnoho dvyhuna pry vykorystanni biopalyva. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. 2021. № 4 (299). S. 169-174.
7. Iaroshchuk R.O., Hunko I.V., Burlaka S.A. Vybir optymalnoi metodyky pokrashchennia skladu sumishevoho biopalyva z roslynnykh olii. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. 2018. № 4 (263). S. 123-128.
8. Pohorilyi V.V., Shustik L.P. Perspektyvne znariaddia dlia obrobittku ґрунту ta dohliadu za roslynamy. Tekhnika APK. 2002. № 1. С. 16–27.
9. Voiutyk D.H., Baranovskiy M.V., Bulhakov V.M. Silskohospodarski mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku. K.: Vyshcha osvita, 2005. 464 s.
10. Melnyka I.I. Praktykum iz mashynovykorystannia v roslynnytstvi: navch. posib. K.: Kondor. 2004. 284 s.

Надійшла/Paper received : 09.10.2022 p. Надрукована/Printed : 01.11.2022 p.