

УДК 658.285:631.3

Замойський С.М.*к.т.н., доцент**кафедра транспортних технологій та засобів АПК
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна**E-mail: stepanzam@gmail.com***Замойська К.В.***к.т.н., доцент**кафедра охорони праці та фізичного виховання
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна**E-mail: stepanzam@gmail.com*

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО РОЗПУШУВАЧА НА ЯКІСТЬ ПІДГОТОВКИ ҐРУНТУ

Анотація

Наявний сьогодні парк сільськогосподарських ґрунтообробних машин у більшості господарств зношений та недостатній для своєчасного обробітку ґрунту під сівбу різних сільськогосподарських культур в оптимальні агротехнічні терміни.

Поверхневий обробіток ґрунту під посів зернових культур виконується ґрунтообробними знаряддями з активними та пасивними робочими органами. Крайню якість підготовки ґрунту забезпечують активні робочі органи, але й вони мають певні недоліки: недостатнє заробляння стерні і пожнивних решток в ґрунт, складна конструкція та низька технологічна надійність машин, велика металомісткість. Це знижує ефективність технологічних процесів.

Сьогодні починає зростати виробництво сільськогосподарської техніки в агропромисловому комплексі України, і, в першу чергу, це виробництво ґрунтообробної техніки для передпосівного обробітку ґрунту. Замість традиційних знарядь із пасивними робочими органами підприємства сільськогосподарського машинобудування починають все більше пропонувати виробничникам ґрунтообробні знаряддя із активними робочими органами, в конструкції яких одночасно використовується декілька способів подрібнення ґрунту, що дозволяє отримати якісну структуру і розміри структурних агрегатів. У статті розглянуто методику теоретичних досліджень визначення конструктивно-технологічних параметрів ротаційного розпушувача ґрунту та впливу їх на агротехнічні показники якісного поверхневого обробітку ґрунту під посів різних сільськогосподарських культур.

Ключові слова: ґрунт, поверхневий обробіток ґрунту, ротаційний розпушувач ґрунту, конструктивно-технологічні параметри розпушувача, показник кінематичного режиму, крок витка, глибина обробітку ґрунту.

Вступ. Для підготовки ґрунту під посів різних сільськогосподарських культур широко використовуються ґрунтообробні знаряддя з пасивними і активними робочими органами. Більш перспективними є знаряддя з активними робочими органами. Вони забезпечують більш якісну структуру верхнього шару ґрунту для проростання насіння і розвитку та росту рослин. Це, в першу чергу, залежить від конструкцій ґрунтообробних машин, типів і видів робочих органів. Існуючі на сьогодні ґрунтообробні ротаційні знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту забезпечують високі агротехнічні показники роботи, але на даний час не всі їхні конструктивно-технологічні параметри оптимізовано, що впливає на якість підготовленого ґрунту і собівартість виконаних робіт [1, 2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питаннями поверхневого обробітку ґрунту під посів різних зернових культур займалися такі вчені: А.М. Зеленін, І.М. Панов, Г.І. Синеоков, А.І. Коновал, Є.С. Босой, В.А. Сакун, Є.П. Яцук, А.М. Панченко, С.М. Герук та інші [3]. Вони сформуваали основи теорії різання ґрунту пасивними і активними робочими органами різних типів. Актуальними є праці професора А.М. Панченка [4-6] присвячені різанню ґрунту активними робочими органами, в яких вказано, що існуючі ґрунтообробні ротаційні знаряддя мають деякі недоліки: висока енергомісткість обробітку ґрунту, великий показник кінематичного режиму ($\lambda=4-16$), невелика швидкість руху. У працях [5-9] оптимізовано ряд конструктивно-технологічних та енергетичних параметрів ротаційних ґрунтообробних знарядь, що впливають на поверхневий обробіток ґрунту.

Мета. Метою наших досліджень є оптимізація конструктивно-технологічних параметрів ротаційного розпушувача ґрунту і впливу їх на якісні показники поверхневого обробітку ґрунту під посів різних сільськогосподарських культур на основі розкриття сукупності явищ дії його ножів на ґрунт.

Результати. Ротаційні ґрунтообробні знаряддя застосовуються в широких діапазонах: від сухих твердих до залитих водою рисових чеків. Тому при проектуванні ротаційного розпушувача і його робочих органів необхідно враховувати, що вони для забезпечення необхідної якості обробітку ґрунту повинні мати можливість змінювання режимів різання ґрунту. Основними конструктивно-технологічними параметрами ротаційного розпушувача ґрунту є: ширина захвату B_m , кількість ножів на валу розпушувача Z , крок витка встановлення ножів T , а також параметри самого ножа – ширина l_H і кут зсуву ножа в плані \mathcal{E} . Якісна робота активних ножів, встановлених на валу ротаційного розпушувача залежить від вибраних режимів роботи: швидкості руху ґрунтообробного знаряддя і кінематичного режиму. Критерієм оцінки ефективності застосування ротаційного розпушувача є ступінь подрібнення ґрунту і потужність яка при цьому витрачається. Подрібнення ґрунту ґрунтообробними знаряддями виконується в основному механічним способом. У цьому випадку матеріал розпушується під дією робочого органа. Існує декілька різновидів механічного способу подрібнення ґрунту: різання, сепарація, стискування, роздавлення, гравітаційне падіння, розколювання, перетирання, злам і удар. Найбільш якісні показники забезпечуються при застосуванні одночасно декількох способів. У нашому випадку [3] процес обробітку ґрунту складається із трьох одночасно протікаючих процесів: різання, стискування і перетирання. Одночасно із подрібненням ґрунту відбувається знищення і зароблювання пожнивних решток і бур'янів. Зрозуміло, що на цей процес мають вплив, як фізико-механічні властивості ґрунту так і параметри ротаційного розпушувача ґрунту. Фізико-механічні властивості ґрунту в даному випадку будуть змінними і некерованими. Це в першу чергу вологість ґрунту, твердість, кут зовнішнього тертя і кут внутрішнього тертя.

Наш ротаційний розпушувач показаний на рисунку 1 і складається з рами 1, на якій розміщений барабан 2 із основними 4 і додатковими 5 ножами. Основні ножі розташовані під кутом до осі 3 барабана і закріплені на барабані по гвинтовій лінії з правою навівкою до основи лінії машини, і навпаки, друга сторона розпушувача від осьової лінії машини містить основні ножі, розташовані під кутом до барабана по гвинтовій лінії з правою навівкою, таким чином, на другій стороні барабана вони розташовані дзеркально [10].

Привод робочих органів здійснюється через ланцюгову передачу 6, конічний редуктор 7, карданний вал 8 валу відбору потужності трактора.

Ротаційний розпушувач ґрунту працює таким чином. При переміщенні машини вздовж поля основні ножі розпушують нижні шари ґрунту, а додаткові ножі – верхні

шари ґрунту з одночасним подрібненням рослинних решток, перемішуючи верхні і нижні шари ґрунту вздовж осі барабана назустріч один одному, що полегшує деформацію ґрунту і покращує якість розпушування.

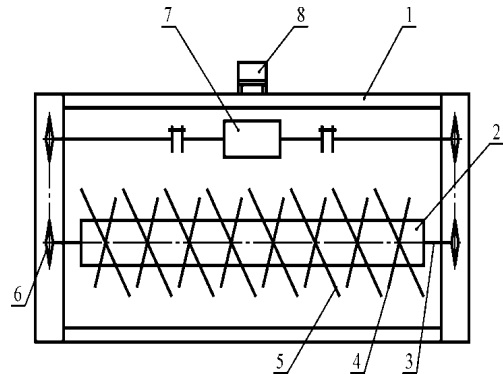


Рис. 1. Ротаційний розпушувач ґрунту

Параметри ротаційного розпушувача можна змінювати і в першу чергу це режими роботи: швидкість ґрунтообробного знаряддя і показник кінематичного режиму. Від цих двох показників залежить структура подрібненого ґрунту і ступінь подрібнення ґрунту. Вони між собою пов'язані такою залежністю:

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{V} \quad (1)$$

де λ – показник кінематичного режиму;

ω – кутова швидкість обертання ротора розпушувача, с^{-1} ;

R – радіус траєкторії крайньої точки лапи (таку ж траєкторію буде мати і довільна точка лапи), м;

V – швидкість поступального руху ротаційного розпушувача м/с.

Тобто для якісної роботи на підготовці ґрунту оберտальна швидкість вала ротора ротаційного розпушувача повинна бути більшою за швидкість поступального руху знаряддя. Нами проведені теоретичні дослідження процесу роботи ротаційного розпушувача, [3] де розглянуто рух робочих ножів і рух структурних агрегатів по їх поверхні, що дало нам можливість визначити швидкість руху структурних агрегатів і кутову швидкість обертання ротора.

За результатами теоретичних досліджень нами отримана залежність для визначення показника кінематичного режиму ротаційного розпушувача:

$$\lambda = \frac{2\pi \cdot R}{T \cdot V_i} \sqrt{\frac{1}{l_H \cdot \sin \epsilon \cdot \delta \cdot \gamma} \left[\frac{P_0(1 - \cos \alpha_0)}{\sin \alpha_0} + P_0 \cdot \tan \varphi_2 \right] \cdot (1 + \sin \epsilon \cdot \cos \epsilon \cdot \tan \varphi_1)} \quad (2)$$

Як видно із формули, показник кінематичного режиму ротаційного розпушувача залежить від багатьох факторів: глибини обробітку a , кількості ножів по колу Z , осьового тиску структурних агрегатів P_0 , кроку витка розміщення ножів T , швидкості руху знаряддя V_m , ширини ножа l_H , кута зсуву ножа в плані ϵ .

При виконанні агротехнічних вимог обробітку ґрунту, коли висота гребеня $h=0,2a$, із зростанням глибини обробітку ґрунту a показник кінематичного режиму λ

збільшується при збільшенні кількості ножів (рис. 2). Більш значне збільшення λ проходить при більшій кількості ножів по колу Z . Наприклад, при збільшенні глибини обробітку від 0,05м до 0,2м при $Z = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ показник кінематичного режиму зростає відповідно від 1,1 - 1,14; 1,15 - 1,28; 1,29 - 1,52; 1,53 - 2,25; 2,27-3,0.

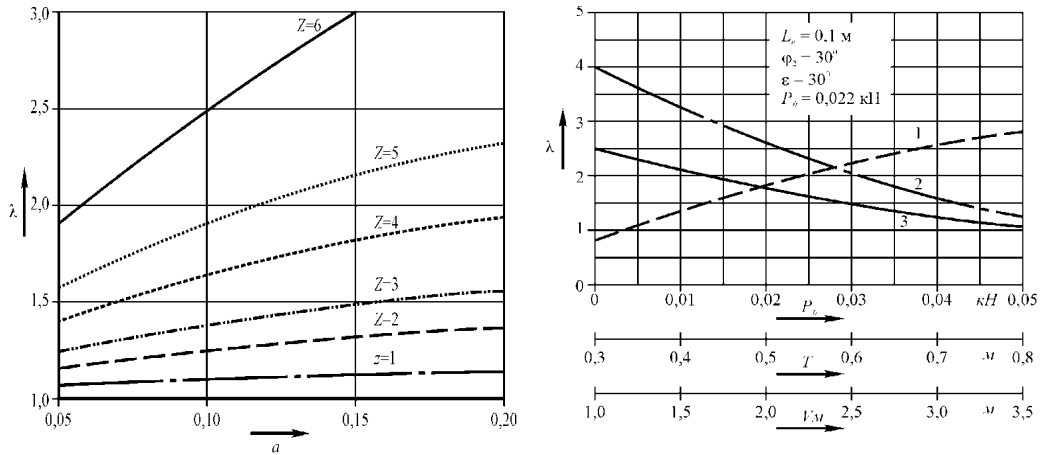


Рис. 2. Залежність показника кінематичного режиму λ від глибини обробітку ґрунту a для різної кількості ножів Z , від осевого зусилля тиску структурних агрегатів P_0 , кроку витка T та швидкості руху знаряддя V_M

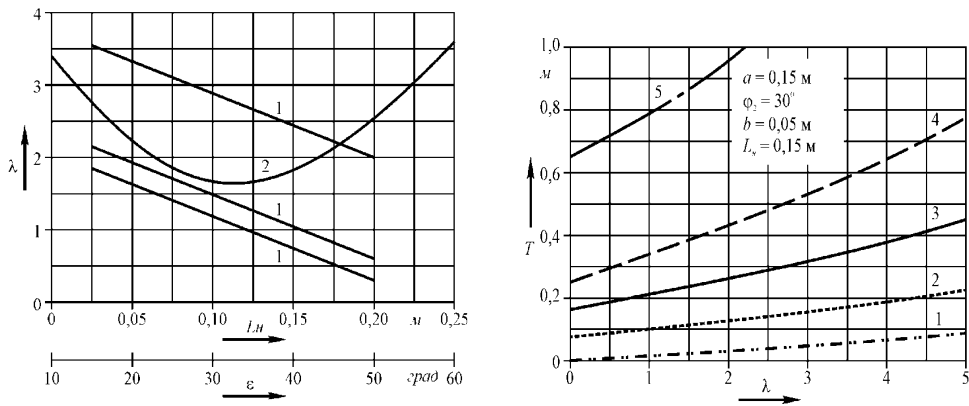


Рис. 3. Залежність показника кінематичного режиму λ від ширини ножа l_H ; кута зсуву ножа в плані ε та кроку витка ножів T

Параметри ножа (ширина ножа l_H , кут зсуву ножа в плані ε також впливають на показник кінематичного режиму λ .

Із збільшенням ширини ножа l_H від 0,05м до 0,2м при різних кутах зсуву ножа в плані $\varepsilon = 10^\circ ; 30^\circ ; 45^\circ$ показник кінематичного режиму λ зменшується відповідно від 3,4 до 2,0; 1,8 до 0,4; 2,2 до 1,6.

Для показника кінематичного режиму $\lambda = 1,72$ кут зсуву ножа складає $\varepsilon = 30^\circ$. Це значення кута задовольняє вимогам ковзання ґрунту по периметру ножа, так як $\varepsilon \geq 45^\circ - \varphi_1$ (де φ_1 - кут зовнішнього тертя ґрунту, $\varphi_1 = 18-20^\circ$);
 $30^\circ \geq 45^\circ - 22^\circ = 23^\circ$.

Висновки і перспективи. Таким чином, для того, щоб забезпечити необхідну згідно агротехнічних вимог глибину обробітку ґрунту під посів зернових культур $a = 0,15-0,18$ м та ступінь подрібнення ґрунту при заданому показнику кінематичного режиму $\lambda = 1,72$ потрібно забезпечити швидкість руху знаряддя V_m не менше 3,0 м/с і встановити такі оптимальні параметри ротаційного розпушувача: - кількість ножів по колу $Z = 4,0$; - крок витка ножів $T = 0,44$ м; ширина ножа $l_n = 0,1$ м; - кут зсуву ножа в плані $\varepsilon = 30^\circ$.

Список використаних джерел

1. Іванишин В., Бабінець Т. Економічна ефективність енергоощадних технологій обробітку ґрунту і сівби озимих зернових культур та ріпаку *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробовування нової техніки і технологій для сільського господарства України* : зб. наук. праць. Книга 1. Вип. 9 (23). 2006. С. 9-22.
2. Іванишин В.В. Розвиток технічного забезпечення в аграрному виробництві. *Організаційно-економічні трансформації в аграрному виробництві*. Київ : ННЦ "ІАЕ", 2010. С.110-114.
3. Замойська К.В. Обґрунтування параметрів ротаційного розпушувача ґрунту : дис. ... канд. тех. наук. Кам'янець-Подільський, 2008. 159 с.
4. Панченко А.Н. Аналитический метод определения тяговых сопротивлений почвообрабатывающих и землеройных машин и оценка их эффективности для энергосберегающих технологий: учебное пособие. Київ : Урожай, 1998. 164 с.
5. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями. Днепропетровск : Полиграфист, 1999. 140 с.
6. Панченко А.Н. Теория и расчет сельскохозяйственных машин. Днепропетровск : ДГУ, 2002. 400 с.
7. Замойська К.В. Аналіз роботи роторного культиватора. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Серія "Агроінженерні дослідження"*. Вип.7. 2003. С. 147-152.
8. Замойська К.В. Результати теоретичних досліджень ротаційного розпушувача. *Збірник наукових праць Подільської державної аграрно-технічної академії*. Вип. 11. 2003. С. 341-343.
9. Замойська К.В. Результати експериментального дослідження роботи ротаційного розпушувача. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. Вип. 12. 2004. С. 361-364.
10. Замойська К.В., Бендера І.М., Бончик В.С. Патент на корисну модель 7435, Україна, МПК А01В33/00. Ротаційний розпушувач ґрунту ; заявник та патентовласник Подільський державний аграрно-технічний університет (Україна). № 20041210389; заявл. 17.12.2004 ; опубл. 15.06.2005, Бюл. № 6. 5с. : іл.

Дата надходження статті до редакції : 14.01.2017
 І рецензування 14.02.2017 Прийняття в друк: 25.04.2017

Zamojskij S.M.

*Ph.D. (Technics), Associate Professor
 Department of transport technologies and agriculture
 State Agrarian and Engineering University in Podilya
 Kamianets-Podilskiy, Ukraine
 E-mail : _stepanzam@gmail.com*

Zamojska K.V. Ph.D. (Technics), Associate Professor
Department of Labour Protection and Physical Education
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskiy, Ukraine
E-mail : stepanzam@gmail.com

OPTIMIZATION OF CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ROTARY SOIL TILLER

Abstract

The park of agricultural tillage machines in most households is rundown and insufficient for cultivation during crops sowing in optimal agronomic terms.

Soil processing surface for crops sowing is tilled with the help of cultivating instruments based on active and passive tools. Better quality of the soil provide active tools, but they have some disadvantages. The main disadvantage is the lack of heeling stubble and stubble dead in the soil. Moreover, cultivating instruments have complex structure, low technological reliability of machines and high metal content. Such characteristics reduce the efficiency of the process.

The production of agricultural machinery in the agricultural sector of Ukraine is increasing. First of all, it is the production of preplant tillage cultivation equipment. Agricultural machinery enterprises started to suggest cultivating tools with the active working tools instead of traditional instruments with passive working tools. The construction of equipment combines several methods of grinding ground that provide a high quality structure and size of the structural units.

The methods of theoretical studies determining structural and technological parameters of rotary ripper soil and their impact on soil processing surface for crops planting are used in the study.

Keywords: soil, surface tillage, rotary cultivator soil, structural and technological parameters of baking powder, figure kinematic mode, step spiral depth cultivation.

References

1. Ivanyshyn, V. (2006). Ekonomichna efektyvnist energooschadnykh technologiy obrobittu gruntu i sivbu ozymykh zernovykh kul'tur i ripaku [Cost-effectiveness of energy-saving technologies tillage and sowing of winter cereals and oilseed rape]. *Zbirnyk naukovykh prats'*. Knyga 1, (9), 9-22. [in Ukrainian].
2. Ivanishin, V. (2010). Rozvitok tekhnichnogo zabespechennya v agrarnomu vyrobnytsvi [Development of technical support in the agricultural production]. Kyiv : NNTS "IAE". 110-114. [in Ukrainian].
3. Zamojska, K. (2008). *Justification rotary ripper soil parameters. PhD dissertation. Podilskiy derzhavnyy aharno-tekhnichnyy universytet* [in Ukrainian].
4. Panchenko, A. (1998). *Analiticheskij metod opredeleniya tyagovykh soprotivlenij pochvoobrabatyvayuschikh i zemlerojnykh mashin i ochenka ikh effektivnosti dlya energosberigayuschikh tekhnologiy* [Analytical method for determining the resistance of traction tillage and earthmoving machinery and assessment of their effectiveness in energy-saving technologie]. Kyiv: Uroshaj. [in Russian].
5. Panchenko, A. (1999). *Teoriya izmelcheniya pochv pochvoobrabatyvayemyy orudyamy*. [Theory grinding soil tillage]. Dnipropetrovs'k: Poligrafist [in Russian].
6. Panchenko, A. (2002). *Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayuschikh orudyy*. [Theory and evaluation of agricultural machines]. Dnipropetrovs'k: DGU. [in Russian].
7. Zamojska, K. (2003). *Analyz roboty rotornogo kultivatora*. [Analysis of rotary cultivator]. *Visnyk L'vivskoho derzhavnoho aharnoho universytetu: ahroinzhenerni doslidzhennia*, (7), 131-136. [in Ukrainian].
8. Zamojska, K. (2003). *Rezulytaty teoretychnykh doslidzen' rotatsyjnogo rozpushuvach a*. [The results of theoretical studies rotary ripper]. *Zbirnyk naukovykh prats' Podil'skoj derzhavnoj aharno-tekhnichnoj akademiyi*, (11), 341-343. [in Ukrainian].

9. Zamojska, K. (2004). *Rezultatu eksperimental'nogo doslidzhennya roboturotatsyjnogo rozpushuvacha*. [The results of experimental studies of rotating baking powder]. *Zbirnyk naukovykh prats' Podil'skogo dershavnogo agrarno-tehnichnogo universitetu, (12)*, 361-364. [in Ukrainian].

10. Zamojska, K., Bendera, I., & Bonchuk, V. (2005). Patent na korysnu model' 7435 Ukraine, A01V33 IPC / 00. Rotary raising soil ; applicant and patentee State Agrarian and Engineering University in Podilya. № 20041210389; appl. 17.12.2004; publ. 15.06.2005, Bull. № 6. [in Ukrainian].

Received: January 14, 2017

1st Revision: February 14, 2017 Accepted: April 25, 2017