



Ефективність використання машин в землеробстві Efficiency of use machines in agriculture

УДК 631.31

Аналіз і обґрунтування технічних засобів поверхневого обробітку ґрунту з підвищеною грудкуватістю

А.М. Поляков, Г.В. Фесенко, В.В. Брюховецький

Луганський національний аграрний університет (м. Старобільськ, Україна)

Аналіз технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту показав, що ефективність його застосування, а саме лущення, культивування, боронування, шлейфування та коткування, в значній мірі залежить від ґрунтово-кліматичних умов, які склалися на відповідному етапі вирощування сільськогосподарських культур. Установлено, що поверхневий обробіток сприяє збереженню капілярності ґрунту, залишає незруйнованими канали, утворені корінням рослин по закінченню свого вегетаційного періоду, зберігає структуру в кореневмісному шарі ґрунту, яка в значній мірі впливає на його родючість. У виробничих умовах, як показав аналіз, при поверхневому обробітку ґрунту мають місце значні відхилення щодо його подрібнення з утворенням структурованих часток, а саме недостатнє руйнування грудок до розмірів, допустимих у відповідності з агротехнічними вимогами. На основі аналітичних досліджень технічних засобів поверхневого обробітку ґрунту і результатів творчих пошуків, розроблений культиватор для поверхневого обробітку ґрунту, який забезпечує руйнування грудок переважно на структурні частки з одночасним зменшенням перемішаної фракції. Відмінність такого культиватора полягає в тому, що вістрі кільчастих дисків спрямовані до лапи, з проникненням на глибину обробітку ґрунту і при їх зустрічі з опорною поверхнею лапи розколюють грудки на частки, переважно на агротехнічно-цінні для росту культурних рослин з одночасним зменшенням перемішаної фракції.

Ключові слова: *аналіз, структура, ґрунт, поверхневий обробіток, грудка, частка, дослідження, агротехнічні вимоги, родючість, культиватор.*

Актуальність проблеми. Поверхневий обробіток ґрунту, який передбачено в різних системах землеробства, як безполицевий обробіток, повинен бути виконаний у відповідності із агротехнічними вимогами, щодо поліпшення фізико-механічних властивостей ґрунту та знищення бур'янів [1]. При цьому агротехнічними вимогами передбачено руйнування великих грудок, утворення яких відбувається при обробітку ґрунтів з підвищеною щільністю. Загрозу утворення грудок несе також і глибоке розпушування ґрунту, особливо глинистого, із-за надмірного випаровування вологи і втрати органічної речовини. Установлено також, що в значній мірі схильні до утворення грудок безструктурні важкі ґрунти, які при зволоженні злипаються і утворюють брили. Внаслідок цього при такому обробітку ґрунту погіршуються умови росту і розвитку сільськогосподарських культур, що призводить до недобору врожаю [2]. Значення структури ґрунту підкреслювали класики ґрунтознавства В. В. Докучаєв, П. А. Костичев, К. К. Гедройц, І. М. Комов, В. Р. Науковцями також

доведено, що найбільш агрономічне значення в структурі оброблюваного шару ґрунту мають агрегати або їх частки діаметром від 0,25 до 10 мм, які забезпечують достатню водопроникність, добре затримують вологу, а також наділені підвищеною стійкістю проти вітрової та водної ерозії ґрунту [3]. Виходячи із цього метою роботи явилось підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту за рахунок руйнування грудок на структурні частки з одночасним зменшенням перемішаної фракції. Для досягнення поставленої мети за об'єкт дослідження прийняли технологічний процес поверхневого обробітку ґрунту найбільш поширеними ґрунтообробними знаряддями, а саме боронами, котками та культиваторами із стрілочастими лапами [4].

В результаті аналізу технічних засобів технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту установлено, що процес руйнування робочими органами грудок відбувається при досягненні межі їх міцності, яке виникає при критичних внутрішніх напруженнях, що створюються у резуль-

таті навантаження та перевищують відповідну межу міцності. Згідно з поверхневою теорією відомого вченого Петер фон Рітінгера (1867 р.), яка поєднує об'ємне і поверхнєве руйнування, робота (A), що виконана при цьому, визначається за наступною залежністю:

$$A = \sigma \cdot \Delta S + k \cdot \Delta V, \quad (1)$$

де $\sigma \cdot \Delta S$ – робота, що витрачається на утворення нових поверхонь ΔS ; σ – коефіцієнт пропорційності, що дорівнює питомій роботі, витраченій на одиницю площі нової поверхні ΔS ; $k \cdot \Delta V$ – енергія об'ємної деформації; k – коефіцієнт пропорційності, що дорівнює питомій роботі, витраченій на деформацію одиниці об'єму твердого тіла ΔV .

В цілому руйнування грудок при взаємодії з робочими органами ґрунтообробних машин відбувається в результаті удару, розколювання, роздавлювання та розрізання. Удар, як явище, характеризується малим проміжком часу зміни швидкості зближення двох тіл на кінцеву [5 с.62]. При цьому ударна сила (F) при зіткненні робочого органу з грудкою, досягає значної величини, імпульс (S) якої визначається за наступною залежністю:

$$S = \int_0^t F dt, \quad (2)$$

де dt – проміжок часу, за який відбувається удар.

При цьому, кінетична енергія, яку мали тіла перед ударом, частково або повністю переходить в потенційну енергію пружної деформації, або в так звану внутрішню енергію тіл, яка і призводить до руйнування грудки. До таких знарядь, які руйнують грудки в результаті їх ударної взаємодії, відносяться робочі органи зубових борін, наприклад борони БЗТС-1 [6]. Разом з цим виявлено, що під час взаємодії таких робочих органів із грудками, відбувається руйнування поверхневих грудок, в яких сила внутрішнього зчеплення менша за силу їх взаємодії з робочими органами, а тверді грудки, сила внутрішнього зчеплення в яких більша за силу їх взаємодії з робочими органами, зміщуються в бокові сторони, залишаючись незруйнованими. При цьому утворюється пере подрібнена фракція, яка не є агротехнічно-цінною для ґрунту [7].

При поверхневому обробітку ґрунту має місце руйнування грудок шляхом роздавлювання під час їх притиснення гладкими та іншими котками до поверхні ґрунту. При цьому процес руйнування грудок шляхом роздавлювання узгоджується з об'ємною теорією подрібнення, яка запропонована В. Л. Кирпичовим (1874 р.) та Д. Кіком (1885р.), за якою: енергія, яка витрачається на руйнування матеріалу, випереджає його руйнування. Це означає, що робота, виконана при руйнуванні шляхом роздавлювання, пропорційна

зменшенню матеріалу перед його руйнуванням, що надає можливість у відповідності із законом Гука, визначити роботу (A) деформації за наступною залежністю [8]:

$$A = (\sigma_p \Delta V) / 2E, \quad (3)$$

де σ_p – границя міцності матеріалу, Па; ΔV – зменшення об'єму матеріалу при деформації перед руйнуванням, м³; E – модуль пружності, Па.

Разом з цим, тверді грудки, які протидіють роздавлюванню, вдавлюються котками незруйнованими в розпушений шар ґрунту, що погіршує якість його обробітку.

При поверхневому обробітку ґрунту, має місце руйнування поверхневих грудок шляхом поступового їх стирання під дією на них сил тертя, що виникають в результаті переміщення по них натискної поверхні шлейфів різних типів у вигляді розташованих в кілька рядів сталевих кутників або дерев'яних брусків, а також шлейф-борони, наприклад ШБ-2,5. Недоліком такого обробітку ґрунту є те, що під дією сили тертя, яка виникає між натискною робочою поверхнею шлейфів і грудками, відбувається руйнування нетвердих грудок з утворенням переподрібнених пиловидних часток, при цьому тверді грудки натискною поверхнею втискуються незруйнованими в розпушений поверхневий шар ґрунту.

У випадку поверхневого обробітку ґрунту голчастими знаряддями, до яких відноситься наприклад, борона голчаста ротаційна БІР-5(ПРОФІ СТАН), їх голчасті елементи заглиблюються у грудки, що зустрічаються на їх шляху. Як наслідок, зі сторони голчастого елемента, у відповідності із теорією клина, розвиваються нормальні бокові сили, під дією яких, відбувається розколювання грудок, переважно на агротехнічно-цінні частки з мінімальним утворенням переподрібненої фракції [6]. При цьому, сила G , яку необхідно прикласти для руйнування грудок голчастим елементом, визначається з деяким допущенням за наступною залежністю [9]:

$$G = k_n \cdot f \cdot \lambda \cdot 2tg\alpha_k, \quad (4)$$

де k_n – коефіцієнт, що враховує твердість грудки; f – коефіцієнт тертя ковзання голчастого елемента по ґрунту; λ – глибина занурення голчастого елемента, м; α_k – кут конусу загостреної частини голчастого елемента, град.

При поверхневому обробітку ґрунту має місце руйнування грудок шляхом розрізання при їх взаємодії із загостреним лезом робочих органів ґрунтообробних машин, наприклад культиваторів. Визначальним в такій взаємодії є величина сили, що діє зі сторони леза робочого органу на грудку, при цьому понижені зусилля розрізання грудки лезом робочого органу виникають за

наступної умови, яка характеризується взаємним ковзанням:

$$90^\circ - \alpha > \varphi, \quad (5)$$

де α – кут нахилу леза робочого органу до напрямку його руху; φ – кут тертя ґрунту по лезу.

Слід відмітити, що руйнування грудок розрізанням пов'язане з витратами значної енергії, яка, згідно з теорією відомого вченого П. А. Ребіндера, витрачається: на об'ємні пружні й пластичні деформації; на подолання сил поверхневого тертя; на безпосереднє руйнування (10). При цьому поряд з утворенням структурних часток, утворюються частки, що не являються агротехнічно-цінними для ґрунту [11]. Крім того, грудки, що знаходяться над таким робочим органом, залишаються незруйнованими.

З метою виявлення впливу ґрунтообробних робочих органів на зміну структурного складу ґрунту, були проведені лабораторно-польові дослідження поверхневої обробки ґрунту під посів озимої пшениці культиватором КРН-4 із стрілочастими лапами в агрегаті з трактором МТЗ-80. Методикою проведення досліджень було передбачено визначення структурного стану ґрунту ситовим методом з відбором проб до проходу і після проходу ґрунтообробного агрегату (рис.1). Відбір проб ґрунту відбувалось у трьох повторностях масою від одного до двох кілограмів повітряно-сухого ґрунту. Структурний склад ґрунту визначали шляхом просіювання проб на решетах комплексу КП 131 із діаметром отворів 10 і 0,25 мм. Після зважування на електронних вагах відібраних і просіяних проб, визначали коефіцієнт структурності ґрунту за наступною залежністю:

$$K_{стр} = \frac{A}{B}, \quad (6)$$

де A – вміст макроагрегатів розміром від 0,25 мм до 10,00 мм, %; B – сума вмісту макроагрегатів ґрунту діаметром більших за 10,0 мм та агрегатів менших за 0,25 мм, %. Вміст агрегатів, розміром менших за 0,25 мм, розраховували за різницею між 100% і сумарним вмістом макроагрегатів всіх фракцій.

Результати проведених польових досліджень по визначенню структурності ґрунту при поверхневому обробітку ґрунту під посів озимої пшениці показали наступне: коефіцієнт структурності ґрунту до проходу культиватора із стрілочастими робочими органами склав 0,72, що характеризує її добрий стан. Після проходу культиватора коефіцієнт структурності ґрунту склав 0,67. Зниження коефіцієнта структурності ґрунту після проходу культиватора пояснюється руйнуванням грудок робочими органами культиватора з утворенням фракцій, що виходять за межі агротехнічно-цінних для росту і розвитку культурних рослин. При

цьому частина грудок, що знаходиться за межами робочих органів культиватора, залишилась незруйнованими.



а



б

Рис. 1. Дослідження зміни структурного складу ґрунту при його передпосівній культивації агрегатом в складі трактора МТЗ-80 і культиватора КРН-4: а – відбір проб ґрунту перед культивацією; б – відбір проб ґрунту після проходу культиватора

Підвищити якісні показники поверхневої обробки можливо за рахунок збільшення в його структурі агротехнічно-цінних часток з одночасним зменшенням переподрібненої фракції. Для цього необхідно у культиваторі для поверхневої обробки ґрунту, який включає раму з ходовими колесами, закріплену до рами стійку з ґрунтообробним робочим органом, над яким закріплений пружний пристрій, і полози, у вирізах яких установити на горизонтальних шарнірах кільчасті диски з радіальними виступами клиноподібної форми і їх вістрі спрямувати до опорної поверхні лапи з проникненням на глибину обробки ґрунту таким чином, що при їх збіганні з опорною поверхнею лапи вони розколювали грудки [12]. При цьому

диски слід змістити між собою у поперечному напрямку на величину від 0,25 до 10 мм.

Підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту таким культиватором відбудеться внаслідок того, що руйнування грудок здійсниться шляхом їх розколювання клиновидними вістрями на агротехнічно-цінні частки під час їх проникнення в оброблюваний шар ґрунту, при цьому тверді грудки розколюються під час їх притиснення вістрями до опорної поверхні лапи.

Як приклад, удосконалений таким чином культиватор для поверхневого обробітку ґрунту (рис. 2), під час роботи полозом 5 притискує під дією пружного устрою 9 вістря 8 дисків 7 до грудок із зусиллям, що перевищує сили їх внутрішнього зчеплення. Внаслідок взаємодії вістрів 8 із грудками, відбувається розколювання нетвердих грудок на структурні частки, які агротехнічно-цінні для ґрунту, а тверді грудки спрямовуються вістрями 8 в нижньому напрямку і притискуються до лапи 4. Так як протидія лапи 4 із стійкою 3 перевищує сили внутрішнього зчеплення твердих грудок, відбувається їх руйнування вістрями 8 шляхом розколювання з утворенням часток, переважно агротехнічно-цінних для ґрунту (0,25-10 мм). В результаті руйнування всіх грудок в оброблюваному поверхневому шарі ґрунту на корисні частки для ґрунту, підвищується якість його обробітку, що створює кращі умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур, а отже і підвищення їх врожайності.

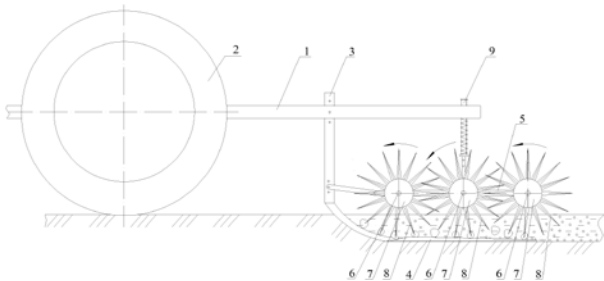


Рис. 2. Схема удосконаленого культиватора для поверхневого обробітку ґрунту: 1 – рама; 2 – опорне колесо; 3 – стійка; 4 – лапа; 5 – полоз; 6 – вісь обертання; 7 – диск; 8 – вістря; 9 – пружний пристрій.

Висновок. При проведенні аналізу поверхневого обробітку ґрунту з підвищеною грудкуватістю установлено, що виконання цього важливого агротехнічного заходу відбувається у виробничих умовах із значним відхиленням від агротехнічних вимог. Причиною цьому є те, що відомі технічні засоби для поверхневого обробітку ґрунту не забезпечують руйнування всіх грудок по глибині оброблюваного шару ґрунту. При цьому руйнування грудок відбувається з утворенням переподрібною фракції, що погіршує структурний склад ґрунту.

Такий культиватор, застосування якого покращить якість поверхневого обробітку ґрунту з підвищеною грудкуватістю за рахунок розколювання грудок на агротехнічно-цінні частки з одночасним зменшенням переподрібною фракції по всій глибині оброблюваного шару ґрунту, запропонований авторами на рівні винаходу. Застосування результатів роботи у виробничих умовах дозволить підвищити якісні показники поверхневого обробітку ґрунту, а саме, покращити структуру ґрунту за рахунок руйнування грудок переважно на структурні частки по глибині обробітку. Особливо це стосується глинистих і суглинистих ґрунтів, які досить схильні до утворення грудок великих розмірів при обробітку ґрунту.

Література

1. Качинский Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский. М.: Высшая школа, ч. 1, 1965. – 321 с.
2. Примак І. Д. Екологічні проблеми землеробства / Ю. П. Манько, Н. М. Рідей, В. А. Мазур та ін.; за ред. І. Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.
3. Майстер А. А. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. Посібник / А. А. Майстер, М. С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, та ін. – вид. 2-ге, допов. – Житомир: Житомирський національний агроєкологічний університет, 2012. – 84 с.
4. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини / Д. Г. Войтюк, Яцун С. С., Довжик М. Я. – К.: ВТД, 2015. – 464 с.
5. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. Л.: Наука, 1965. – 847 с.
6. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. – К.: Вища школа, 2005. – 463 с.
7. Смирнов В. О., Білецький В. С. Підготовчі процеси збагачення корисних копалин. Навчальний посібник / В. О. Смирнов, В. С. Білецький. Донецьк : Східний видавничий дім. Донецьке відділення НТШ, 2012. – 284 с.
8. Опір матеріалів. Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; за ред. Г. С. Писаренка. – К.: Вища школа, 1993. – 655 с.
9. Шевчук В. В. Обґрунтування параметрів і режимів роботи голчатої борони : автореф. Дис ... канд техн. Наук : 05.05.11 / В.В. Шевчук. – Дослідницьке, 2015. – 36 с.
10. Ребиндер П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физикохимическая механика. Избр. Труды / П. А. Ребиндер. – М.: Наука, 1979. – 384 с.
11. Лепеть Є. Методика оцінки якості обробітку ґрунту / Є. Лепеть: Матеріали конференції. Вісник ДДАЕУ, №10, 2014. – С. 16 - 17.

12. Культиватор для поверхностного обробітку ґрунту : пат. 126028 Україна : МПК А01В 35/18. № а 2017 02193 ; заявл. 09.03.2017 ; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

References

1. Kachinskii N. (1965) *Phizika pochvy*. Moscow: Vysshaiashkola, p. 321
2. Maister, A., Chernilevskyi, M. and Biliavskyi, Y. (2012). *Agrotekhnichnivymogy ta otsinkayakosti-obrobittugruntu: navch. posibnyk*. 2nd ed. Zhytomyr: Zhytomyrskyi natsionalnyi agroekologichnyi universytet, p.84.
3. Prymak, I., Ridei, N. and Mazur, V. (2010). *Ekologichni problem zemlerobstva*. Kyiv: Tsentр uchbovovii literatury, p.456.
4. Voitiuk, D., Yatsun, S. and Dovzhyk, M. (2015). *Silskogospodarski mashyny*. Kyiv: VTD, p.464.
5. Yavorskii, B. and Detlaf, A. (1965). *Spravochnik po phizike*. Leningrad: Nauka, p.847.

6. Voitiuk, D., Baranovskyi, V. and Bulgakov, V. (2005). *Silskogospodarski mashyny. Osnovyteoriyi ta rozrakhunku*. Kyiv: Vyshchashkola, p.463.
7. Smyrnov, V. and Biletskyi, S. (2012). *Pidgotovchi protsesy zbagachennia korysnykh kopalyn. Navchalnyi posibnyk*. Donetsk: Skhidnyi vydavnychi dim. Donetske viddilennia NTSH, p.284.
8. Pysarenko, G., Kvitka, O. and Umanskyi, Y. (1993). *Opir materialiv. Pidruchnyk*. Kyiv: Vyshchashkola, p.655.
9. Shevchuk, V. (2015). *Obgruntuvannia parametriv I rezhymiv roboty gol-chatoii borony*. kand. tekhn. nauk: 05.05.11. Doslidnytske.
10. Rebinder, P. (1979). *Poverkhnostnyie yavleniia v dispersnykh sistemakh. Phizikokhimicheskaia mekhanika. Izbr. trudy*. Moscow: Nauka, p.384.
11. Lepet, Y. (2014). *Metodyka otsinky yakosti obrobittku ґрунту. Materialy konferentsii. Visnyk DDAEU*, (10), pp.16-17.
12. Kultyvator dlia poverkhnovogo obrobittku ґрунту. (2020). 126028 Ukraine: MПК А01В 35/18.

Аннотация

Анализ и обоснование технических средств поверхностной обработки почвы с повышенной комковатостью

А.М. Поляков, Г.В. Фесенко, В.В. Брюховецкий

Анализ технологического процесса поверхностной обработки почвы показал, что эффективность ее применения, а именно лущение, культивация, боронование, шлейфование и прикатывание, в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий, сложившихся на соответствующем этапе выращивания сельскохозяйственных культур. Установлено, что поверхностное возделывание способствует сохранению капиллярности почвы, оставляет неразрушенными каналы, образованные корнями растений по окончании своего вегетационного периода, сохраняет структуру в корнеобитаемом слое почвы, которая в значительной степени влияет на его плодородие. В производственных условиях, как показал анализ, при поверхностной обработке почвы имеют место значительные отклонения по ее измельчению с образованием структурированных частиц, а именно недостаточное разрушение комков до размеров, допустимых в соответствии с агротехническими требованиями. На основе аналитических исследований технических средств поверхностной обработки почвы и результатов творческих поисков, разработан культиватор для поверхностной обработки почвы, обеспечивающий разрушение комков преимущественно на структурные частицы с одновременным уменьшением переизмельченной фракции. Отличие такого культиватора состоит в том, что острие кольчатых дисков направлены на лапы, с проникновением на глубину обработки почвы и при их встрече с опорной поверхностью лапы раскалывают комки на доли, преимущественно на агротехнически ценные для роста культурных растений с одновременным уменьшением переизмельченной фракции.

Ключевые слова: анализ, структура, почву, поверхностное возделывание, грудка, доля, исследование, агротехнические требования, плодородие, культиватор

Abstract

Analysis and grounding of soil surface with excessive crumbly condition treatment technical tools

A.M. Poliakov, G.V. Fesenko, V.V. Briukhovetskyi

Analysis of soil surface treatment has demonstrated that efficiency of its application, in particular shallow plowing, cultivation, harrowing, smoothing and rolling considerably depends on soil-climatic conditions which were set at definite period of crops cultivation. It is found that surface treatment provides soil capillarity

preservation, leaves undestroyed channels made by plant roots at the end of their vegetation period, preserves structure in the fibrous soil layer which mostly influences its fertility. In the field, as analysis shows, during soil surface treatment significant variances as to its mincing with structured particles formation, in particular, inadequate clods breaking to sizes, allowable according to agrotechnical demands, take place. On the basis of technical tools for soil surface treatment analytical researches and creative search results a cultivator for soil surface treatment which provides clods breaking mostly into structured particles with simultaneous reducing of overminced fraction was developed. Distinction of this cultivator is in the fact that sharp ring disks are directed to the blade with penetration into the depth of soil treatment and at their meeting with support surface blades split up clods into particles, mostly agrotechnically valuable for the growth of cultivated plants with simultaneous reducing of overminced fraction.

Keywords: *analysis, structure, soil, surface tillage, lump, share, research, agro-technical requirements, fertility, cultivator*

Бібліографічне посилання / Bibliography citation: Harvard

Poliakov A., Fesenko G. and Briukhovetskyi V. (2019). Analysis and grounding of soil surface with excessive crumbly condition treatment technical tools. *Engineering of nature management*, (4(14)), pp. 41 - 46.

Подано до редакції / Received: 12.10.2019