

УДК 631.31.

Удосконалення технологічних процесів і технічних засобів обробітку ґрунту в системі органічного землеробства

Г.В. Теслюк, Б.А. Волик, Р.М. Майстришин

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет
 (м. Дніпропетровськ, Україна)*

В роботі запропонована методика аналітичного визначення якості розпушення ґрунту комбінованим агрегатом на проектному етапі його створення. Методика передбачає аналіз послідовного впливу на оброблюване середовище робочих органів різної геометричної форми, що дозволяє виконати раціональну їх комплектацію в агрегаті.

В основу аналітичних досліджень закладена теорія внутрішньої напруги у ґрунті, яка отримала подальший розвиток. Сутність теорії полягає в тому, що у ґрунті існує внутрішня напруга (ВН). Якщо силове поле (СП), що створює робочий орган перевищує ВН, то відбувається процес кришення. Співвідношення СП і ВН визначає ступінь кришення і розміри структурованих відмінностей, що утворюються. При цьому, величина СП визначається величиною площі поверхні зколуюваної призми і питомим зчепленням часток ґрунту, а величина ВН – силами зчеплення часток і модулем пружності.

В запропонованій моделі виконаний перехід від дискретного до інтегрального визначення загальної реакції ґрунту на дію робочих поверхонь робочого органа, що дозволило суттєво підвищити точність виконуваних розрахунків.

В роботі наведені приклади раціонального комплектування комбінованих агрегатів на основі дискових робочих органів в залежності від конкретних ґрунтових умов пристосовано до технології мінімального обробітку ґрунту Mini-Till.

Якість розпушення ґрунту, внутрішня напруга, комбінований агрегат, раціональна комплектація

Ключевые слова: обробіток, ґрунт, система, землеробство, якість, робочий орган, форма, кришення, силове поле, напруження.

Постановка проблеми. В сільському господарстві України за останні десятиліття широке розповсюдження отримала інтенсивна система землекористування, за допомогою якої був досягнутий значний прогрес у виробництві сільськогосподарської продукції. Разом з тим, впровадження інтенсивних технологій супроводжується негативною післядією – погіршенням якості ґрунту. Чорноземи деградують, погіршується їх водо-повітряний баланс, вони втрачають структурність, порушуються умови нормальної життєдіяльності ґрунтової флори і фауни. В умовах, що склалися, а також враховуючи значне зростання цін на енергоресурси, гостро стає питання про перегляд існуючих способів землекористування.

Аналізуючи сучасний стан наших ґрунтів, можна окреслити наступні напрямки удосконалення ґрунтообробки :

- ліквідація втрат гумусу внаслідок застоювання полицевої оранки та інтенсивного розпушення ґрунту;
- використання рослинної мульчі для природного відновлення ґрунту;
- збільшення коефіцієнту гуміфікації гною і рослинних решток;
- посилення активності біологічної складової ґрунтів;

- локалізація повітряної та водної ерозії;
- створення умов для накопичення вологи у ґрунті.

Найбільш повно поставлені задачі може вирішити система органічного землеробства [1, 2, 9]. Ця техноогія передбачає мінімальний обробіток ґрунту, в тому числі і вертикальний, заорювання рослинних решток на невелику (до 5-8 см) глибину, широке використання мульчі, залишення рослинних решток на поверхні поля. Одноопераційними агрегатами виконати такий обробіток не можливо.

Комбіновані ґрунтообробні агрегати мають у своєму складі декілька знарядь різного функціонального призначення. Ступінь їх впливу на ґрунт не однакова і в значній мірі залежить від того, в якому порядку вони задіяні в технологічному процесі. Кінцевий результат залежить від суперпозиції дій робочих органів. Тому, важливо на проектному етапі вірно визначитись з раціональною комплектацією в залежності від бажаного результату в конкретних ґрунтових умовах.

Але проблема полягає не тільки в комплектації агрегата відомими робочими органами. Групова робота знарядь вимагає і відповідного узгодження їх параметрів. Для вирішення цього

питання необхідно мати аналітичну модель взаємодії з ґрунтом робочого органа довільної геометричної форми, яку можна було б розповсюдити на всю гаму знарядь.

Існуючі теорії взаємодії робочих органів з ґрунтом не носять універсального характеру і їх можна розповсюдити тільки на їм подібні. Це абсолютно не вирішує проблеми, бо потрібен єдиний підхід.

Аналіз досліджень і публікацій. Найбільш близько до створення загальної моделі підійшов А.М.Панченко [5]. Розроблена ним теорія внутрішньої напруги дозволяє розділити процес взаємодії ріжучого периметра з ґрунтом на елементарні складові. Автором робочий орган розбитий на елементарні клини нескінченно малої ширини. Такий клин розглядається як підпорна стінка [11], до якої доведені сили різання, підпору, тертя, швидкісного напору. Ці сили повинні подолати внутрішню напругу у ґрунті. Співвідношення загальної реакції доведених сил і внутрішньої напруги визначає розміри утворюваних ґрунтових агрегатів.

Позитивним у такому підході є те, що внутрішню напругу у ґрунті можна визначити як у консолидованому, так і розпушеному стані. Це дозволяє виконувати розрахунки робочого органа, який іде по наперед розпушеному ґрунту, тобто по сліду попередника.

Але при такому підході, загальна реакція ґрунту на дію робочого органа має багато складових і визначаються вони з значними припущеннями. В той же час, розпушення є результатом дії загальної реакції. Тому, точність розрахунків не висока. До недоліків моделі слід віднести наступне :

- методика передбачає визначення реакцій тільки плоских поверхонь і в разі не плоскої, треба переходити до приведених величин;
- не враховується граничний ефект при переході від однієї поверхні до іншої;
- не враховується взаємний вплив складових на загальну реакцію;
- за основу прийнята модель підпорної стінки Н.А.Цитовича [11], хоча вона не розрахована на динамічний характер взаємодії;
- не враховується імовірнісний характер процесів.

Теорія внутрішньої напруги отримала подальший розвиток в роботах кафедри сільськогосподарських машин ДДАЕУ [3, 7-10]. Відмінність підходу полягає в наступному.

Один з основоположних принципів теорії внутрішньої напруги свідчить про те, що сила $F_{ск}$ відокремлення зколотої призми ґрунту пропорційна питомому зчепленню часток $C_{пнт}$ і площі F_{Σ} поверхні, що утворюється

$$F_{ск} = C_{пнт} F_{\Sigma} . \quad (1)$$

У відповідності до методики поверхня робочого органа розбивається на елементарні клини (рис. 1) і окремо шляхом чисельного інтегрування підраховується утворювана кожним окремо площа. Загальна площа визначається шляхом підсумовування елементарних ділянок.

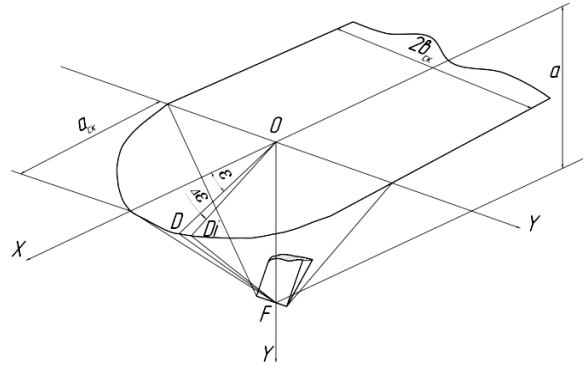


Рис. 1. Розрахункова схема до визначення площі поверхні, що утворюється під дією елементарного клина

Площа поверхні призми

$$F_{\Sigma} = \int_0^{0,5\pi} L_i R_i d\varepsilon , \quad (2)$$

де L_i та R_i – відповідно миттєві значення довжини утворюючої конусу (FD) і радіусу (OD), що відповідають величині ε .

$$R_i = a \sqrt{[\operatorname{tg}(\alpha_p + \beta + \phi_2) \cos \varepsilon]^2 + [\operatorname{tg} \phi_2 \sin \varepsilon]^2} . \quad (3)$$

Довжина утворюючої дорівнює миттєвому значенню FD

$$L_i = a \sqrt{\operatorname{tg}^2(\alpha_p + \beta + \phi_2)(\cos \varepsilon - 1)^2 + \operatorname{tg}^2 \phi_2 \sin^2 \varepsilon + 1} \quad (4)$$

Остаточно, ступінь розпушення визначається виразом:

$$i = \frac{2K_p E}{G^2} + 1, \quad (5)$$

де K_p – питомий коефіцієнт різання ґрунту; E – модуль пружності ґрунту.

Виконані таким чином розрахунки дають точніший результат, але модель дозволяє розраховувати прогнозовану якість кришення тільки в разі використання одного робочого органа. Оцінити сумісну дію групи знарядь не можливо.

Мета роботи полягає в удосконаленні методики розрахунку шляхом розповсюдження її на групову послідовну дію декількох, особливо різнотипних, знарядь.

Основний матеріал досліджень. Сутність вирішуваної проблеми полягає в наступному.

Як відомо, агрономічно цінними вважають ґрунтові відмінності в діапазоні приведенного діаметру від 0,25 до 10 мм. У відповідності до досліджень, виконаних на кафедрі сільськогосподарських машин ДДАЕУ [5,6,8] цього можна досягти, якщо знаряддя, або група знарядь, забезпечать ступінь кришення $i = 46$. Як було вище наведено, одноопераційними агрегатами виконати такий обробіток не можливо. А.М. Панченко [5] пропонує групове розпушення групою знарядь оціювати за загальним коефіцієнтом кришення

$$i_{\Sigma} = i_1 i_2 \dots i_n, \quad (6)$$

i_n – ступінь кришення окремо взятим знаряддям; n – кількість знарядь в агрегаті.

Ступінь кришення окремих агрегатом пропонується визначати за однією з наведених методик. Недолік такого підходу полягає в тому, що після проходження першого і кожного наступного знаряддя, змінюються механіко-технологічні властивості ґрунту. Перш за все, змінюється основний інтегральний показник – питома зчеплення часток ґрунту. Окрім того, кут внутрішнього тертя переходить від кута в консолідованому стані, до кута сипкого матеріалу. Аналітична модель

цього не враховує, а згадані показники в моделі є базовими. Таким чином, необхідно встановити аналітичну залежність властивостей ґрунту від ступеня кришення.

Аналіз методик розпушення показує, що коефіцієнт питомого зчеплення часток ґрунту визначає до 90% діючих сил. Нами було виконано ряд експериментів по встановленню характеру зміни його величини у порівнянні з консолідованим станом (табл. 1 і 2). В експерименті були задіяні робочі органи, які традиційно використовують в агрегатах для мілкої обробітку ґрунту за винятком катка (каток не вписується в рамки розробленої моделі).

Таблиця 1. Залежність питомого зчеплення часток ґрунту від ступеня кришення: СПИТ(К) – питома зчеплення в консолідованому стані; СПИТ(Р) – в розпушеному

Робочий орган	$C_{\text{пит(к)}}$	Ступінь кришення, i	$C_{\text{пит(р)}}$	$\frac{C_{\text{пит(р)}}}{C_{\text{пит(к)}}$
Стрільчаста лапа	2,55	2,8	1,80	0,71
Плуг-букер	3,05	3,65	2,05	0,67
Плоскоріз	2,90	4,2	1,55	0,54
Дискатор	2,75	10,0	1,20	0,43

Таблиця 2. Розрахункові значення ступеня кришення ґрунту для різних варіантів комплектації агрегату

$C_{\text{пит(к)}}$, МПа	Робочий орган першого ряду		Робочий орган другого ряду		Загальна ступінь кришення
	Тип	Ступінь кришення	Тип	Ступінь кришення	
1,0	Лапа стрільчаста	3,6	Диск	6,2	22,2
	Диск	12,2	Лапа стрільчаста	2,1	25,6
2,0	Лапа стрільчаста	3,9	Диск	6,8	26,5
	Диск	12,3	Лапа стрільчаста	2,4	29,5
3,0	Лапа стрільчаста	4,3	Диск	8,7	37,4
	Диск	9,4	Лапа стрільчаста	3,9	36,6
4,0	Лапа стрільчаста	5,1	Диск	9,6	49,0
	Диск	9,1	Лапа стрільчаста	4,3	41,3

Аналіз таблиці показує, що з зростанням ступеня кришення, питома зчеплення ґрунту різко падає. Таким чином, в якому порядку знаряддя будуть встановлені в агрегаті має суттєве значення.

Експерименти також показали, що при подальших проходах знарядь зміна СПИТ(Р) не суттєва і знаходиться в межах точності експерименту, тобто враховувати слід тільки перехід від консолідованого до розпушеного стану. Отриману залежність можна представити у виді

$$C_{\text{пит(р)}} = f(i) C_{\text{пит(к)}},$$

або, після математичної обробки

$$C_{\text{пит(р)}} = (i)^{-0,35} C_{\text{пит(к)}}. \quad (7)$$

Таким чином, для робочих органів другого і наступних рядів буде справедливо

$$F_{\text{ск}} = (i)^{-0,35} C_{\text{пит(к)}} F_{\Sigma}, \quad (8)$$

де i – ступінь кришення робочого органа, що іде першим.

У відповідності до наведеної методики проаналізуємо кінцевий результат кришення в різній послідовності дії робочих органів.

Для розрахунків прийняті наступні вихідні дані : глибина обробітку – 10 см, діаметр диска – 610 мм, ширина захвату стрільчастої лапи – 270 мм.

Висновки.

Розрахунки за наведеною методикою показують, що порядок розташування робочих органів в комбінованому агрегаті має вплив на кінцеве кришення ґрунту. Так, при малих значеннях питомого зчеплення часток ґрунту 1,0 - 2,0 Мпа перевагу в першому ряду слід віддавати дисковим робочим органам. В діапазоні 2,0 - 3,0 МПа принципового значення з точки зору кришення немає, але при подальшому збільшенні – перевага встановлення в першому ряду стрільчастих лап незаперечна.

Література

1. Євтушенко В. Strip-till в Україні на прикладі СТОВ «Дружба-Нова» / В. Євтушенко. // The Ukrainian Farmer. - К.: ТОВ «АГП Медіа», 2012. – № 9. – С. 99 – 100.
2. Жолобецький Г. Тернистий шлях «стрип-тіллу» / Г. Жолобецький. - // Пропозиція. – 2013. – N 11. – С. 58 - 60.
3. Кобець А.С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А.С. Кобець, Б.А. Волик, А.М. Пугач. – Дніпропетровськ: Видавництво «Свідлер А.Л.», 2011. – 140 с.
4. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / [А.С. Кобець, Т.Д. Іщенко, Б.А. Волик, О.А. Демидов]. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.

5. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А.Н. Панченко. – Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с

6. Почвообрабатывающие орудия: современное состояние и перспективы развития / [Кобець А.С., Сокол С.П., Кобець А.Н., Волик Б.А.] - Геотехнічна механіка : Міжвідомчий збірник наукових праць. Вип. 113. – Дніпропетровськ. : НАН України, Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С.Полякова, 2013. – С. 79 - 88.

7. Семенюта А.М. Методика розрахунку загальної реакції різання ґрунту поверхнею довільної геометричної форми / А.М. Семенюта, О.В. Білокопитов, Б.А. Волик. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 10, Т.2 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – с. 161 - 167.

8. Семенюта А.М. Обґрунтування конструктивної схеми, параметрів та режимів роботи дискового плуга: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.М. Семенюта. – Мелітополь, 2014. – 23 с.

9. Современные ресурсосберегающие технологии // Сучасний фермер. – 2014. – №2. – С.52 – 57.

10. Теслюк Г.В. Методика аналітичної оцінки якості розпушення ґрунту комбінованим агрегатом / Г.В. Теслюк, Б.А. Волик, А.М. Пугач – Збірник тез доповідей XVI Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (17-19 жовтня 2015 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. К., 2015. – С. 146.

11. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): учебник [для строит. ВУЗ-ов] / Н.А. Цытович – [4-е изд., перераб. и доп.] – М.: Высш. шк., 1983. – 288 с.

Аннотация

Усовершенствование технологических процессов и технических средств обработки почвы в системе органического земледелия

Г.В. Теслюк, Б.А. Волик, Р.М. Майстришин

В работе предложена методика аналитического определения качества обработки почвы комбинированным агрегатом на проектном этапе его разработки. Методика предусматривает анализ последовательного воздействия на обрабатываемую среду рабочих органов различной геометрической формы, что позволяет выполнить их рациональную комплектацию в агрегате.

В основу аналитических исследований положена теория внутреннего напряжения в почве, которая в данной работе получила дальнейшее развитие. Суть теории заключается в том, что в почве изначально существует внутреннее напряжение (ВН). Если создаваемое рабочим органом силовое поле (СП) преодолевает ВН, то происходит процесс крошения. Соотношение СП и ВН определяет степень крошения и размеры получаемых структурных отдельностей. При этом величина СП определяется площадью поверхности скалываемой призмы и удельным сцеплением частиц почвы, а величина ВН – силами сцепления частиц и модулем упругости.

В предложенной нами модели выполнен переход от дискретного к интегральному определению общей реакции почвы на действие рабочих поверхностей орудия, что позволило существенно повысить точность выполняемых расчетов.

В работе приведены примеры рационального комплектования комбинированных агрегатов на основе дисковых орудий в зависимости от конкретных почвенных условий применительно к технологии минимальной обработки почвы Mini-Till.

Ключевые слова: *качество крошения почвы, внутреннее напряжение, комбинированный агрегат, рациональная комплектация*

Abstract

Improvement of technological processes and technical means soil treatment in organic farming system

G.V. Tesluk, B.A. Volik, R.M. Maistrishin

The paper presents methodology of analytical determining the quality soil treatment combined aggregate at the project stage of its development. Methodology involves analyzing sequential exposure to the treated environment of working organs various geometric shapes. This makes it possible execute them a rational packaging in the aggregate.

The theory of internal tension in the soil underlies the analytical developments. This theory was developed in this study. In the soil, initially there is an internal tension. If the created a working body a power field overcomes, there is a process of crumbling. The ratio of the power field and an internal tension determines the degree of crumbling and dimensions derived structural units. The magnitude of the force field is determined by the surface area of the prism and the specific shear adhesion of soil particles, and the amount of internal stress - force particles adhesion and modulus of elasticity.

In the proposed model executed the transition from a discrete definition to the integral of the general soil's reaction to the action of the working surfaces of tools. It is possible to significantly improve the accuracy of the calculations performed.

The paper presents examples of rational acquisition combined aggregates based disk tools, depending on the specific soil conditions in relation to minimum tillage Mini-Till.

Keywords: *quality of krosheniya of soil, internal tension, combined aggregate, rational acquisition.*

Представлено від редакції: В.І. Мельник / Presented on editorial: V.I. Melnik

Рецензент: М.В. Бакум / Reviewer: M.V. Bakum

Подано до редакції / Received: 24.07.2015