

Костянтин Борак

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ АБРАЗИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РОБОЧИХ ОРґАНІВ

Актуальність теми дослідження. Дослідження зміни абразивних властивостей ґрунтів та врахування їх при виборі матеріалів та режимів експлуатації робочих органів ґрунтообробних машин, що дозволить зменшити інтенсивність зношування, є, безперечно, актуальним завданням.

Постановка проблеми. Інтенсифікація аграрного виробництва висуває більш жорсткі вимоги до зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наявні моделі ґрунтового середовища розглядають ґрунт як ідеальне середовище, яке не змінює свої властивості в часі та не розглядають його абразивних властивостей.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Відсутні теоретичні й експериментальні дослідження зміни абразивних властивостей ґрунту в процесі самоорганізації.

Постановка завдання. Метою роботи є розробка математичної моделі зміни абразивних властивостей ґрунту в процесі самоорганізації.

Виклад основного матеріалу. Закономірності зміни абразивних властивостей ґрунту в процесі самоорганізації можливо описати поліноміальною функцією другого порядку. Коефіцієнти даної функції визначенні експериментальним шляхом, з урахуванням найбільш значущих факторів.

Висновки відповідно до статті. У процесі самоорганізації підвищується абразивна здатність ґрунту. Зовнішні чинники (опади та питоми тиск від дії рушійів) пришвидшують процес самоорганізації ґрунту, що призводить до зростання абразивних властивостей ґрунту. Зовнішні чинники не впливають на загальну закономірність більш інтенсивного процесу самоорганізації ґрунтового середовища на початку її функціонування. Розроблені математичні моделі, з урахуванням зовнішніх чинників, дозволяють прогнозувати зміну абразивних властивостей ґрунту.

Зменшення інтенсивності зношування робочих органів ґрунтообробних машин можна досягти за рахунок більш раннього повторного обробітку (після механічного руйнування структури ґрунту), поки не відбулися процеси зростання абразивних властивостей у результаті самоорганізації ґрунту.

Ключові слова: самоорганізація; ґрунт; система; питома зчеплення; ступінь закріплення; питоми тиск; опади.

Рис.: 12. Табл.: 5. Бібл.: 6.

Актуальність теми дослідження. Втрати зумовлені абразивним зношуванням у розвинутих країнах досягають 1...4 % ВВП. У сільському господарстві найбільше абразивному зношуванню піддаються робочі органи машин, які взаємодіють зі складним гетерогенним середовищем – ґрунтом. Зменшити інтенсивність абразивного зношування деталей машин можна трьома методами: конструктивними, технологічними та експлуатаційними. Вибір методів підвищення зносостійкості деталей машин при абразивному зношуванні повинні ґрунтуватися на врахуванні властивостей абразивної маси, тому для підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин необхідно дослідити зміну абразивних властивостей ґрунту в процесі його самоорганізації.

Постановка проблеми. Для проектування, вибору матеріалу, режимів термообробки та виготовлення деталей машин, що працюють в абразивному середовищі, необхідно повною мірою знати трибологічні характеристики середовища та процеси, що відбуваються в цьому середовищі.

Нині для теоретичного вивчення властивостей ґрунтів дослідники [1; 2; 3] використовують феномологічний підхід. Феномологічний підхід досить поширений у теоретичній механіці, гідравліці, теорії пружності та в інших науках, де прийнято нехтувати другорядними для даного кола проблем властивостями тіл і зберігати за ними лише основні властивості, вирішальні для розглядуваних процесів [4]. У процесі вивчення абразивних властивостей ґрунтів ідеалізація цього середовища неприпустима, оскільки кожний зі складових цього середовища може призвести до зміни не тільки інтенсивності зношування, але й до зміни механізму зношування.

Для вивчення абразивних властивостей ґрунту необхідно застосовувати структурно-динамічний аналіз, який дозволить врахувати реальну структуру ґрунту та процеси, що відбуваються в ґрунті та на поверхні робочого органу під час їх взаємодії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як уже зазначалося вище, для модельного уявлення ґрунту використовується феномологічний підхід з ідеалізацією його елементів. Так, у роботі [3] зазначено, що механіка ґрунтів здебільшого обмежується лише

механічними явищами й не приділяється належної уваги фізико-хімічним та іншим процесам, що відбуваються в ґрунтах. Це свідчить про те, що в механіці ґрунтів мають справу з не зовсім реальними ґрунтами, а з деякими їхніми механічними моделями, тобто з тілами, які мають спрощені властивості [4].

Першою механічною моделлю ґрунтів, що відображає їх дисперсність, є ідеальне сипуче тіло (рис. 1) – скупчення кульок, що не зв’язані між собою [4].

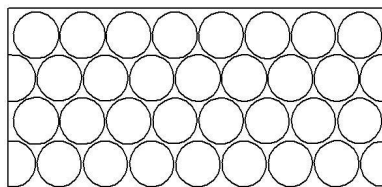


Рис. 1. Механічна модель ідеального сипучого тіла

Спочатку цю модель використовували для всіх пухких ґрунтів, але пізніше встановлено та обґрунтовано, що її можна використовувати тільки для піщаних ґрунтів [3].

Для зв’язаних глиняних ґрунтів запропоновано 2 моделі (рис. 2).

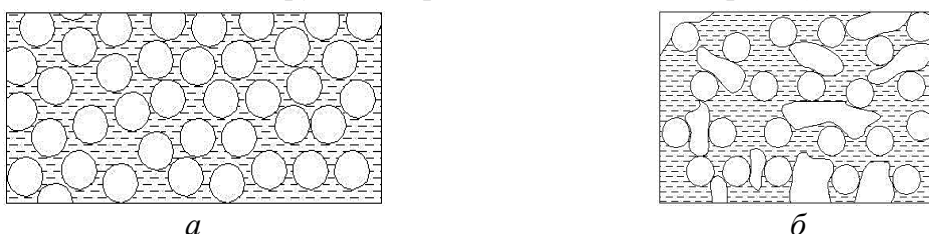


Рис. 2. Механічні моделі зв’язаних ґрунтів:
а – двофазна система; б – трьохфазна система

Перша з них (рис. 2, а) моделює слабо зв’язані насичені водою ґрунти, друга (рис. 2, б) – зв’язані маловологі ґрунти [3].

У роботі [1] ґрунт розглядається як пружно-в’язке середовище за допомогою моделі Кельвіна–Фойгта. Абразивна частинка при моделюванні моно- та полідисперсного середовища ґрунту розглядалася як така, що має ідеально сферичну форму (рис. 3).

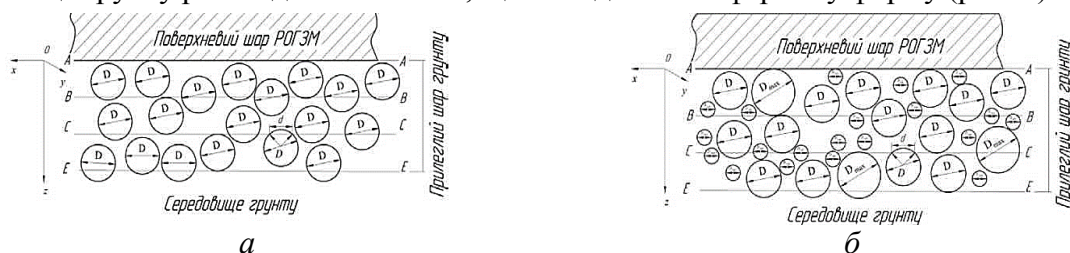


Рис. 3. Схема взаємодії поверхневого шару робочого органу із шаром ґрунту:
а – монодисперсний шар ґрунту; б – полідисперсний шар ґрунту

В. П. Дьяков [5] для моделювання шару ґрунту, який піддається обробці сільськогосподарськими машинами, запропонував використовувати реологічну пружно-в’язку модель (рис. 4).

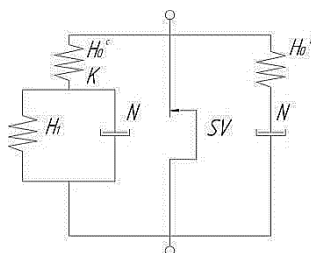


Рис. 4. Реологічна пружно-в’язка модель ґрунту

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Модель ґрунту, як реологічне тіло, являє собою систему із паралельно з'єднаних тіл Кельвіна, Максвелла і елемента Сен-Венана. Модель тіла Кельвіна відображає пружну післядію деформації при постійному напруженні, модель Максвелла – релаксацію пружних напружень при постійній деформації, а елемент Сен-Венана – кардинальну властивість дискретних тіл – опір тертю, що діє як у початковій стадії деформації, так і у граничному стані деформації. Останнє є обов'язковою вимогою до змісту моделі [5].

Наведені моделі ґрунтів доволі різноманітні, це зумовлено тим, що моделі ґрунту будувались при вирішенні певних локальних задач. Зокрема, у роботі [1] – для визначення площі контакту абразивних частинок із матеріалом робочого органу, в роботі [3] – для визначення несучої здатності ґрунтів, у роботі [5] – для визначення зусиль втрати міцності ґрунту у вигляді відокремлення пласта від масиву.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. На сьогодні відсутня математична або фізична модель, яка достовірно описує абразивні властивості ґрунту й дозволяє прогнозувати його зношувальну здатність.

Мета досліджень – розробити математичну модель зміни абразивних властивостей ґрунту в процесі самоорганізації.

Виклад основного матеріалу. За класифікацією дисперсних систем по агрегатному стану ґрунт відноситься до капілярних систем.

Для об'єктивної оцінки абразивних властивостей ґрунту необхідно розглянути його фазовий склад рис. 5.

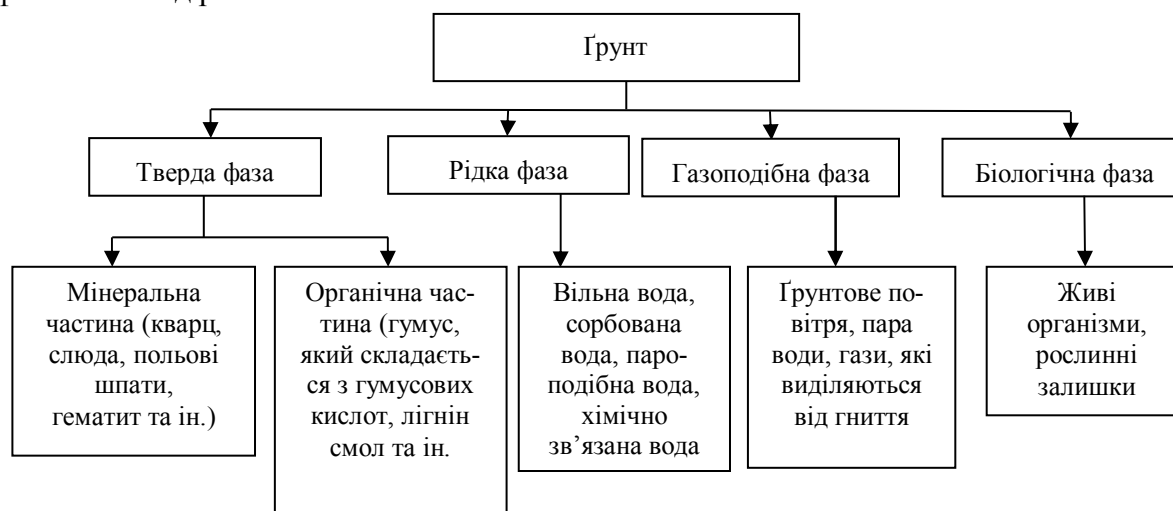


Рис. 5. Фазовий склад ґрунту

Зношувальна здатність ґрунту залежить від його фазового складу. У загальному вигляді її можна описати рівнянням:

$$Z_{\text{ґрунт}} = \omega_1 Z_1 + \omega_2 Z_2 \dots + \dots \omega_n Z_n, \quad (1)$$

де $\omega_1, \omega_2 \dots \omega_n$ – об'ємна частка 1, 2 ... n-го елемента системи ($\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n = 1$); $Z_1, Z_2 \dots Z_n$ – зношувальна здатність фаз ґрунту.

Як видно з рис. 5, ґрунт складається з чотирьох фаз: тверда (Z_1), рідка (Z_2), газоподібна (Z_3), біологічна фаза (Z_4).

Зношувальна здатність твердої фази ґрунту залежить від вмісту твердих мінеральних частинок, твердість яких рівна або більша за твердість матеріалу робочого органу, їхнього розміру, форми та ступеня закріплення абразивних частинок:

$$f(Z_1) = (K_{\phi}, T_a, P_a, C_3, V_a), \quad (2)$$

де K_{ϕ} – коефіцієнт форми абразивних частинок; T_a – твердість абразивних частинок; P_a – розмір абразивних частинок; C_3 – ступінь закріплення абразивної частинки в ґрунті; V_a – вміст твердих мінеральних частинок, твердість яких рівна або більша за твердість матеріалу робочого органу.

Тверда фаза визначає переважно абразивні властивості ґрунту, але інші фази ґрунту також можуть суттєво впливати на механізм та інтенсивність абразивного зношування поверхні робочих органів ґрунтообробних машин.

Розглянемо ґрунт як неоднорідне сипуче тіло зі здатністю до утворення монолітних складових. Висунемо такі припущення:

1. Це «тіло» здатне до самоорганізації (переходити з одного стану в інший протягом часу).
2. Перехід при самоорганізації з одного стану в інший відбувається поступово.
3. Ґрунт є відкритою системою.
4. Ґрунт складається з чотирьох підсистем (фаз) (рис. 5).

Ґрунт – складна нелінійна нерівноважна дисипативна відкрита система, яка здатна до самоорганізації: процес спонтанного росту порядку і організованості в системі. Тому таку систему слід розглядати за допомогою синергетичного підходу.

Абразивні властивості ґрунту змінюються в часі, тому необхідно провести дослідження ймовірнісного стану цього об'єкта на фіксованому інтервалі часу. Загалом зміну абразивних властивостей ґрунту можна представити схемою (рис. 6).

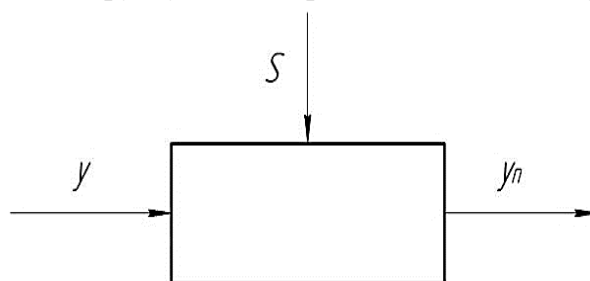


Рис. 6. Схема зміни абразивних властивостей середовища ґрунту:

y – початкова величина абразивних властивостей ґрунту; y_n – прогнозована величина абразивних властивостей ґрунту; S – перешкоди (погодні умови, механічний вплив на систему)

Прогнозована величина y_n в загальному випадку представлена як змінна стану системи (ґрунту), на вхід якої подаються величина y і яка перебуває під дією відповідних перешкод S . У результаті спостереження отримуємо вибірку реалізацій $y_{n,t}, t \in N$ і $y \in N$.

Для побудови математичної моделі, яка б дозволила прогнозувати зміну абразивних властивостей ґрунту, необхідна апріорна інформація. Оскільки при прогнозуванні будемо використовувати синергетичний підхід, то обсяг інформації буде мінімальний, і будувати моделі будемо без врахування деяких факторів.

Один з основних факторів, який впливає на абразивність ґрунту, – це ступінь закріплення абразивної частинки. Для оцінки ступеня закріплення абразивної частинки в ґрунті використовували показник c – питоме зчеплення, кПа.

Прогнозування зміни абразивних властивостей ґрунтів проводилися на основі експериментального методу [6]. Лабораторні дослідження проводили в закритому приміщенні з постійною температурою. Імітацію опадів та дії рушіїв сільськогосподарських машин проводили через 24 години від початку дослідження.

Перед проведенням лабораторних досліджень із вивчення зміни абразивних властивостей ґрунту протягом певного часу, були проведені дослідження в експлуатаційних умовах. У результаті чого отриманні данні по величині питомого зчеплення для різних типів ґрунтів (табл. 1.) [6].

У результаті досліджень встановлено, що збільшення вологи призводить до зростання ступеня закріплення абразивних частинок. Виявлено, що закономірність притаманна всім типам ґрунтів і зберігається до насичення ґрунту вологою.

Таблиця 1

Результати експлуатаційних досліджень

№	Місце проведення	Тип ґрунту (за механічним складом)	Вологість, %	Наявність кореневої системи	Глибина від поверхні, мм	Питоме зчеплення c , Па
1	Овруцький район	Піщаний	10,06	Без кореневої системи	100	6784,5
2	Коростенський район	Супіщаний	7,3	Коренева система багаторічна трава	100	5134,68
3	Житомирський район	Глинистий	16,8	Коренева система озимої пшениці	100	6407,1

Джерело: [6].

Ґрунт є складною системою, яка здатною до самоорганізації, що, у свою чергу, призводить до зміни абразивних властивостей у процесі функціонування. Для визначення впливу тривалості самоорганізації та наявності перешкод були проведенні дослідження, результати яких представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати лабораторних досліджень впливу перешкод (опадів та дія рушіїв сільськогосподарських машин) та тривалості самоорганізації ґрунтового середовища на зміну величини питомого зчеплення

Тип ґрунту	Фактори, які впливають на процес самоорганізації (перешкоди S)	Питоме зчеплення c у різні періоди проведення досліджень, після механічного руйнування структури ґрунту, Па			
		$t_1=0$ год	$t_2=168$ год	$t_3=336$ год	$t_4=504$ год
Піщаний	Без перешкод	384,30	547,45	876,54	1604,5
	3 імітацією опадів (20 мм)		687,38	1049,72	2043,71
	3 імітацією дії рушіїв с/г машин (100 кПа)		1329,57	1812,01	2456,49
	3 імітацією опадів та дії рушіїв с/г машин		1476,56	3006,36	4579,34
Супіщаний	Без перешкод	438,41	679,41	980,37	2017,65
	3 імітацією опадів (20 мм)		950,33	1494,38	2706,18
	3 імітацією дії рушіїв с/г машин (100 кПа)		1700,63	2397,79	3264,06
	3 імітацією опадів та дії рушіїв с/г машин		1981,52	3897,66	5481,47
Глинистий	Без перешкод	497,84	690,50	1020,37	2134,61
	3 імітацією опадів (20 мм)		945,73	1576,82	2774,48
	3 імітацією дії рушіїв с/г машин (100 кПа)		1712,48	2578,91	3474,32
	3 імітацією опадів та дії рушіїв с/г машин		2170,4	3980,29	5680,54

За результатами проведених досліджень побудовані графічні залежності прогнозування зміни абразивних властивостей ґрунтів (рис. 7). У загальному випадку математичну модель, яка описує зміну величини питомого зчеплення, можна представити у вигляді поліноміальної функції другого порядку:

$$y = ax^2 + bx + c, \quad (3)$$

де a , b і c – експериментально визначені коефіцієнти (табл. 3).

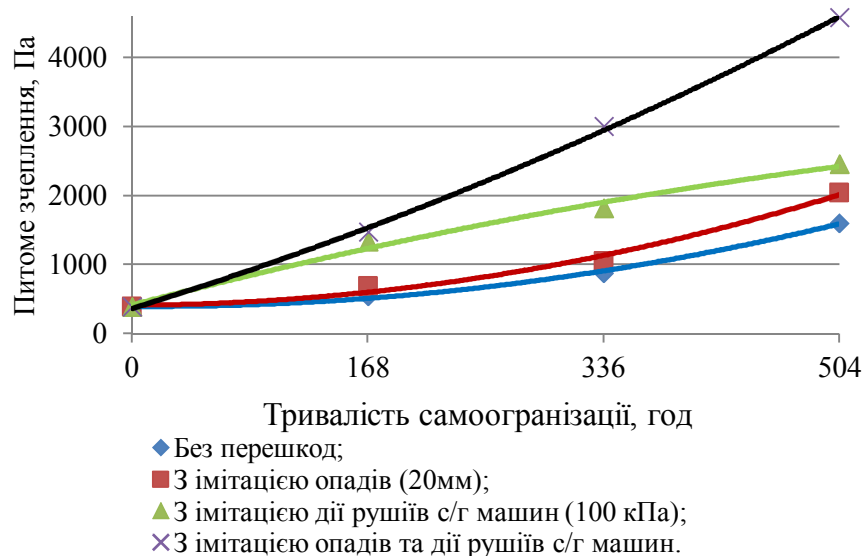


Рис. 7. Зміна питомого зчеплення для піщаних ґрунтів у результаті самоорганізації ґрунтового середовища

Таблиця 3

Експериментально визначені коефіцієнти для прогнозування зміни питомого зчеплення залежно від часу самоорганізації ґрунтового середовища

Тип ґрунту	Фактори, які впливають на процес самоорганізації (перешкоди S)	Коефіцієнти математичної моделі (3)			Коефіцієнт детермінації
		a	b	c	
Піщаний	Без перешкод	0,005	0,1467	395,95	R ² =0,9969
	3 імітацією опадів (20 мм)	0,0061	0,0945	412,34	R ² =0,9895
	3 імітацією дії рушіїв с/г машин (100 кПа)	-0,0027	5,3303	415,54	R ² =0,9915
	3 імітацією опадів та дії рушіїв с/г машин	0,0043	6,2557	354,58	R ² =0,9992
Супіщаний	Без перешкод	0,0071	0,5556	472,23	R ² =0,9842
	3 імітацією опадів (20 мм)	0,0062	1,249	470,19	R ² =0,9929
	3 імітацією дії рушіїв с/г машин (100 кПа)	-0,0035	7,2284	475,12	R ² =0,9937
	3 імітацією опадів та дії рушіїв с/г машин	0,0004	7,2284	475,12	R ² =0,9983
Глинистий	Без перешкод	0,0082	-0,995	530,2	R ² =0,9870
	3 імітацією опадів (20 мм)	0,0066	1,0939	517,01	R ² =0,9975
	3 імітацією дії рушіїв с/г машин (100 кПа)	-0,0028	7,256	516,7	R ² =0,9985
	3 імітацією опадів та дії рушіїв с/г машин	0,0002	10,209	485,49	R ² =0,9998

У реальних умовах функціонування ґрунту, графічна залежність зміни питомого зчеплення залежно від часу буде мати дещо інший вигляд (рис. 8).

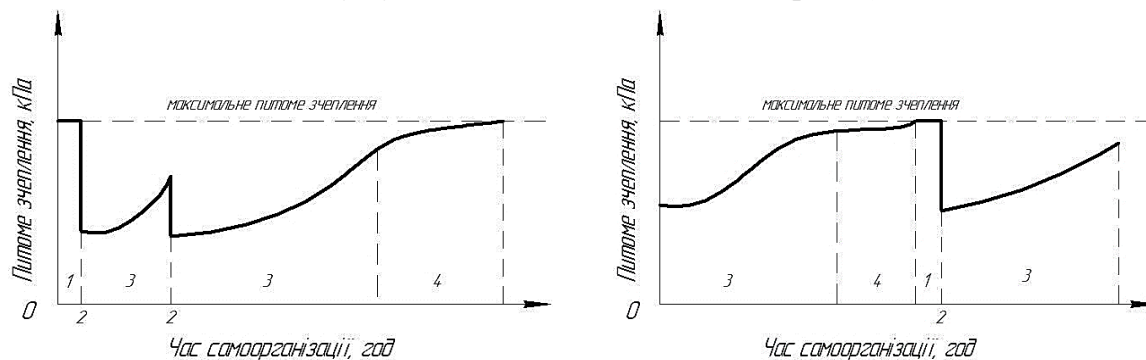


Рис. 8. Можливі варіанти самоорганізації ґрунту в реальних умовах ведення сільського господарства:

1 – зона знаходження ґрунту в рівноважному стані; 2 – зона механічного впливу на ґрунт (оброблення); 3 – зона активної самоорганізації; 4 – зона уповільнення самоорганізації

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

На рис. 8 представлені не всі можливі варіанти «життя» ґрунту, адже різноманіття сільськогосподарських культур вимагає різні варіанти його оброблення. Також на інтенсивність протікання процесу самоорганізації ґрунту суттєво впливають погодні умови.

Проведення дослідження для більш достовірного прогнозування зміни абразивних властивостей ґрунтів розглядаємо тільки активну зону самоорганізації (рис. 8., зона 3).

Процес самоорганізації середовища ґрунту відбувається інтенсивніше за наявності зв'язуючих компонентів (глини). Зовнішні чинники суттєво прискорюють процеси самоорганізації. Так наявність імітації опадів інтенсифікує процес самоорганізації на 19,7...54,5 %, імітації дії рушіїв сільськогосподарських машин у 1,53...2,52 рази (див. табл. 2).

Характер залежності зміни питомого зчеплення c для всіх типів ґрунтів при дії імітацією дії рушіїв сільськогосподарських машин (100 кПа) суттєво відрізняється, що пов'язано з більш швидким процесом самоорганізації на початку функціонування системи.

Для визначення впливу величини питомого тиску рушіїв сільськогосподарських машин та часу дії даних рушіїв на швидкість реалізації процесу самоорганізації середовища ґрунту були проведені відповідні дослідження результати, яких представлені в табл. 4.

Таблиця 4

Вплив величини тиску та часу прикладання навантаження на величину питомого зчеплення ґрунту

Тип ґрунту	Величина тиску, кПа	Час прикладання статичного навантаження, хв	Питоме зчеплення c у різні періоди проведення досліджень, після механічного руйнування структури ґрунту, Па			
			$t_1=0$ год	$t_2=168$ год	$t_3=336$ год	$t_4=504$ год
Піщаний	100	2	384,30	1329,57	1812,01	2456,49
	100	4		1640,40	2129,13	3214,52
	100	8		1984,73	2597,24	4302,91
	150	2		2104,32	2714,12	3640,23
	200	2		2640,92	3727,09	4643,21
	250	2		2902,35	3894,13	4938,75
Супіщаний	100	2	438,41	1700,63	2397,79	3264,06
	150	2		2201,66	3402,32	4870,27
	200	2		2600,37	3807,37	5240,31
	250	2		2938,13	4201,99	5372,31
Глинистий	100	2	497,84	1712,48	2578,91	3474,32
	150	2		2481,32	3724,32	5300,66
	200	2		2842,03	3943,24	5381,32
	250	2		3114,31	4455,61	5498,13

На піщаних ґрунтах зростання питомого тиску, від імітації дії рушіїв сільськогосподарських машин, призводить до більш суттєвого зростання величини питомого зчеплення (в 2,01...2,18 рази) у порівнянні із супіщаними (в 1,64...1,72 рази) та глинистими (1,58...1,81 рази) ґрунтами (табл. 4, рис. 9).

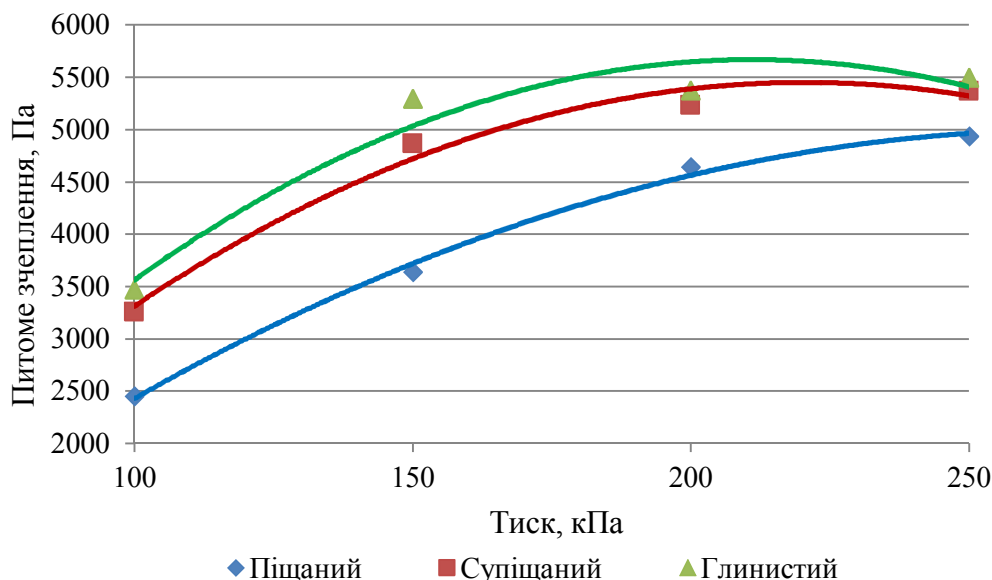


Рис. 9. Зміна питомого зчеплення для різних типів ґрунтів залежно від величини питомого тиску, що імітує дії рушіїв сільськогосподарських машин (час проведення дослідження $t_4 = 504$ год)

Зростання часу імітації дії рушіїв на ґрунт (збільшення часу дії питомого тиску на поверхню ґрунту) призводить до інтенсифікації процесів самоорганізації в ґрунті і зростання величини питомого зчеплення (ступеня закріплення абразивних частинок), що своєю чергою приводить до збільшення зношувальної здатності ґрунту (рис. 10). Так збільшення часу дії питомого тиску з 2 хв до 8 хв призводить до зростання питомого зчеплення в 1,4...1,75 раза.

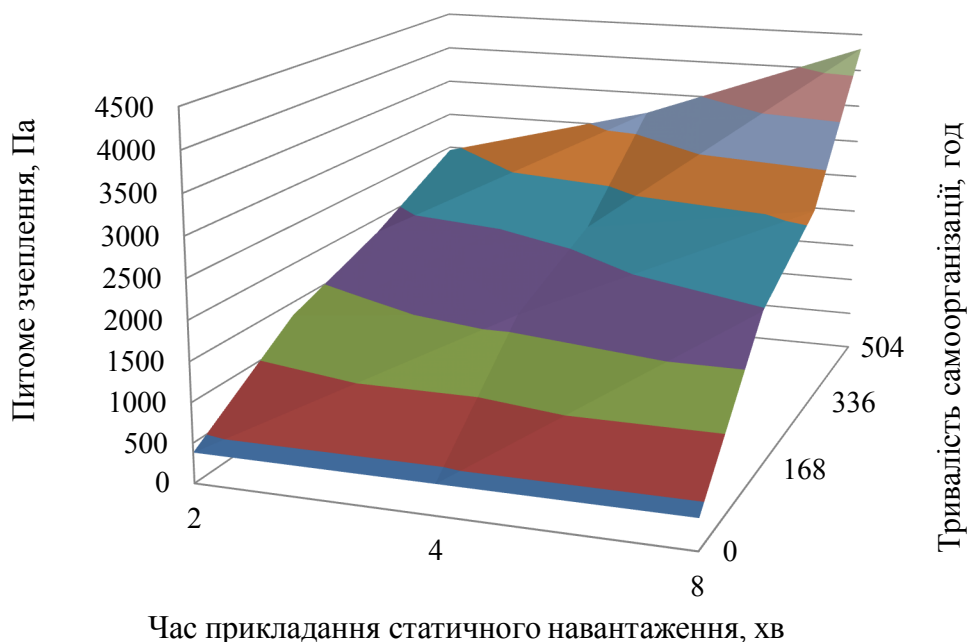


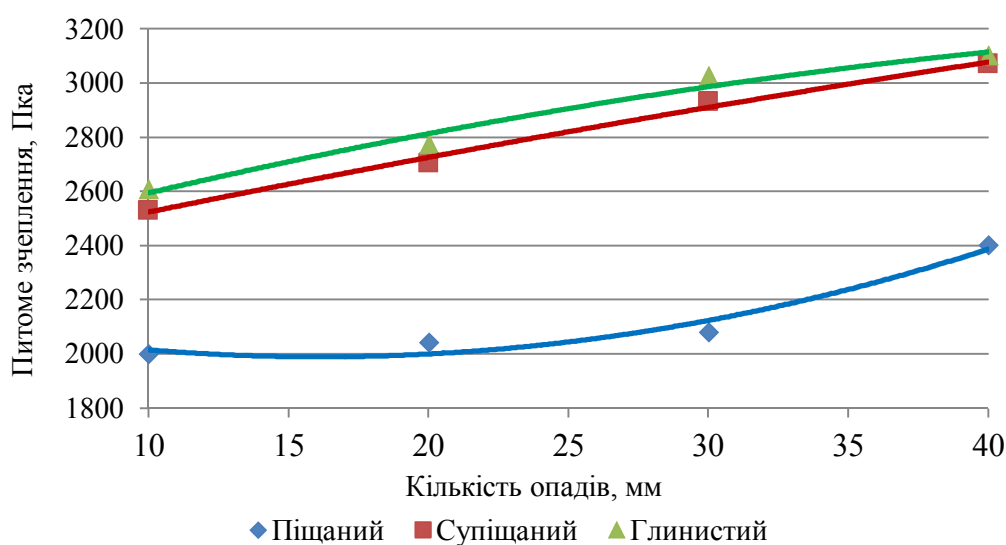
Рис. 10. Поверхня відгуку впливу часу прикладання статичного навантаження та часу самоорганізації ґрунту на величину питомого зчеплення

На величину зношувальної здатності ґрунтів суттєво впливає наявність води. Вода також впливає і на інтенсивність процесу самоорганізації ґрунту (табл. 5, рис. 11.)

Таблиця 5

Вплив кількості опадів на зміну величини питомого зчеплення

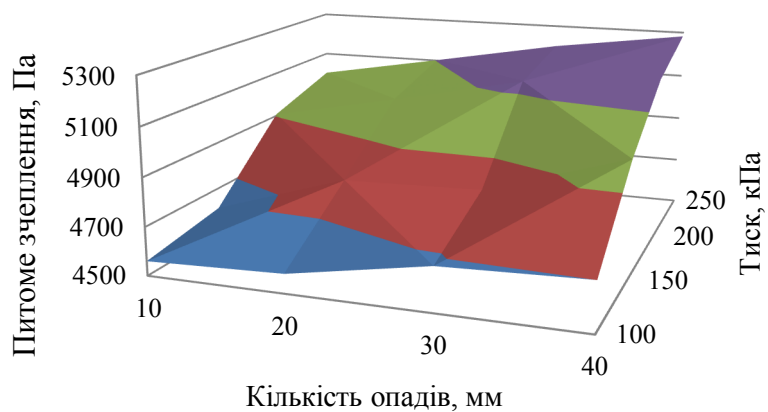
Тип ґрунту	Кількість опадів, мм	Питоме зчеплення c у різні періоди проведення досліджень, після механічного руйнування структури ґрунту, Па			
		$t_1=0$	$t_2=168$ год	$t_3=336$ год	$t_4=504$ год
Піщаний	10	384,30	640,94	1031,94	2001,32
	20		687,38	1049,72	2043,71
	30		728,41	1200,13	2081,13
	40		804,32	1471,32	2402,13
Супіщаний	10	438,41	894,32	1240,23	2531,16
	20		950,33	1494,38	2706,18
	30		1107,63	1502,31	2931,47
	40		1214,54	1904,32	3071,62
Глинистий	10	497,84	870,23	1304,28	2608,36
	20		945,73	1576,82	2774,48
	30		1198,74	1742,13	3027,12
	40		1314,52	2403,46	3102,26

Рис. 11. Зміна питомого зчеплення для різних типів ґрунтів залежно від кількості опадів (час проведення дослідження $t_4=504$ год)

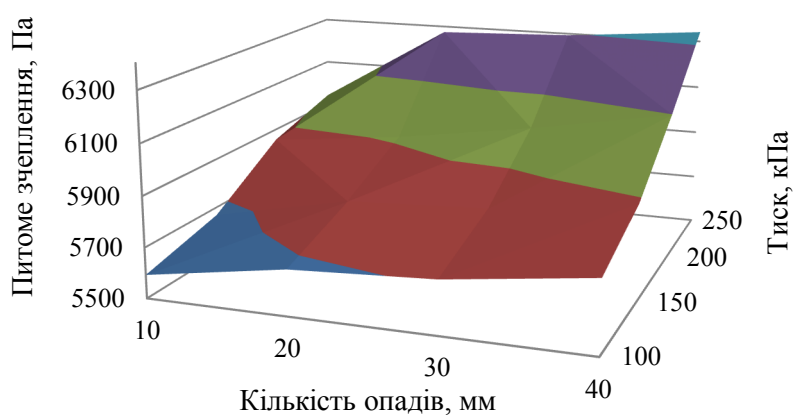
На глинистих ґрунтах зростання кількості опадів, призводить до більш суттєвого зростання величини питомого зчеплення (в 1,2...1,84 раза) у порівнянні з супіщаними (в 1,21...1,53 раза) та глинистими (1,2...1,43 раза) ґрунтами (табл. 5, рис. 11).

Для з'ясування спільного впливу величини питомого тиску та кількості опадів на інтенсифікацію процесу самоорганізації ґрунтового середовища був проведений двофакторний експеримент на трьох типах ґрунтів (рис. 12).

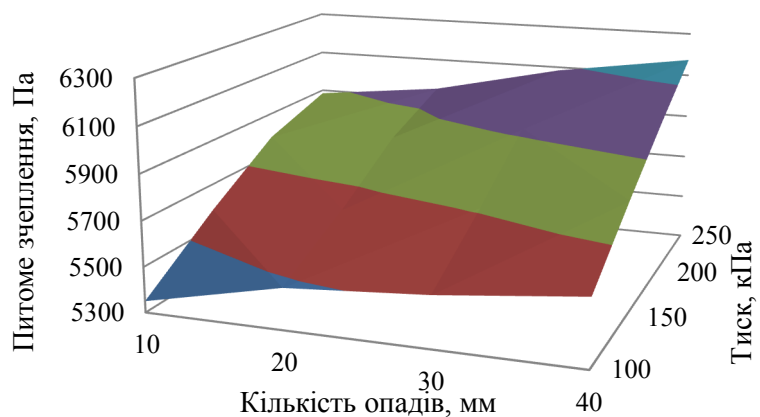
У результаті спільної дії двох факторів: кількості опадів та величини питомого тиску, що імітує дії рушіїв сільськогосподарських машин, процес самоорганізації середовища ґрунту інтенсифікується відповідно для піщаних ґрунтів в 2,8...3,2 раза, для супіщаних – 2,9...3,1 раза, для глинистих – 2,75...2,9 раза в порівнянні із самоорганізацією без перешкод.



а



б



в

Рис. 12. Поверхні відгуку впливу кількості опадів та величини тиску, що імітує дії рушіїв сільськогосподарських машин, на величину питомого зчеплення (час проведення дослідження $t_4=504$ год):
а – піщаний ґрунт; б – супіщаний ґрунт; глинистий ґрунт

Для уникнення негативних явищ абразивного зношування (процесу мікрорізання) необхідно:

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

- при обробці ґрунтів з високим ступенем закріплення абразивних частинок застосувати робочі органи з нанесеними зносостійкими покриттями, твердість яких більша за твердість абразивних частинок в 1,1...1,3 раза;

- на ґрунтах із невисоким ступенем закріплення абразивних частинок можна використовувати серійні робочі органи, які виготовлені зі сталі 65Г та 28MnB5.

Для зменшення інтенсивності зношування робочих органів ґрунтообробних машин в процесі експлуатації, враховуючи отримані математичні моделі зміни абразивних властивостей ґрунту в процесі самоорганізації, потрібно проводити обробіток ґрунту на початку самоорганізації системи.

Висновки відповідно до статті. У результаті проведених досліджень встановлено, що ґрунт як складна система здатен до самоорганізації. У процесі самоорганізації підвищується абразивна здатність ґрунту. Зовнішні чинники (опади та питомий тиск від дії рушіїв) пришвидшують процес самоорганізації ґрунту, що призводить до зростання абразивних властивостей ґрунту. Зовнішні чинники не впливають на загальну закономірність інтенсивнішого процесу самоорганізації ґрунтового середовища на початку її функціонування після механічного руйнування структури. Розроблені математичні моделі, з урахуванням зовнішніх чинників, дозволяють прогнозувати зміну абразивних властивостей ґрунту.

Проведені дослідження дозволяють прийти до висновку, що на процес самоорганізації ґрунту впливають зовнішні чинники (опади та дія рушіїв сільськогосподарських машин). На різних типах ґрунтів зовнішні фактори впливають по-різному на процес самоорганізації, так дія рушіїв сільськогосподарських машин більш суттєво інтенсифікує процес самоорганізації на піщаних ґрунтах, а наявність вологи – на глинистих ґрунтах.

Зменшення інтенсивності зношування робочих органів ґрунтообробних машин можна досягти за рахунок більш раннього повторного обробітку (після механічного руйнування структури ґрунту), поки не відбулися процеси підвищення абразивних властивостей у результаті самоорганізації ґрунту.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Тихий А. А. Модель взаємодії дисперсного середовища ґрунту з поверхнею робочих органів ґрунтообробних та землерийних машин. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2014. Вип. 27. С. 140–149.
2. Беркович И. И., Болотов А. Н., Морозова Ю. И. Теоретические основы фрикционного взаимодействия дисперсных материалов с твердой поверхностью: монография. Тверь, 2012. 92 с.
3. Левин С. В. Механика ґрунтов. Москва, 1964. 164 с.
4. Шелудченко Б. А. Агротехніка ґрунтів. Житомир, 1992. 249 с.
5. Дьяков В. П. Механика почвы и реология ґрунтов. Точки соприкосновения и различия. *Достижение науки и техники АПК*. 2007. № 7. С. 48–51.
6. Dvoruk V. I., Borak K. V. Research of the degree of fixation of abrasive particle in the soil. *Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології"*. Хмельницький, 2019. № 1. С. 67–72.

References

1. Aulin, V. V., Tykhyi, A. A. (2014). Model vzaiemodii dyspersnoho seredovishcha gruntu z poverkhneiu robochych orhaniv gruntoobrobnykh ta zemlerynykh mashyn [Model the interaction of dispersed soil environment with working parts of cultivation and digging machine]. *Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia – Engineering in agricultural production, industry engineering, automation*, 27, 140–149 [in Ukrainian].
2. Berkovich, I. I., Bolotov, A. N., & Morozova, Iu. I. (2012). *Teoreticheskie osnovy friktsionnogo vzaimodeistviia dispersnykh materialov s tverdoi poverkhnostiu* [The theoretical basis of the frictional interaction of dispersed materials with a solid surface]. Tver: TVGTU [In Russian].
3. Levin, S. V. (1964). *Mexanika gruntov* [Soil mechanics]. Moscow: Nedry [in Russian].
4. Sheludchenko, B. A. (1992). *Ahromekhanika gruntiv* [Soil Agromechanics]. Zhytomyr: Polissia [in Ukrainian].

5. Diakov, V. P. (2007). Mekhanika pochvy i reologiiia gruntov. Tochki soprikosnoveniia i razlichiiia [Soil mechanics and soil rheology. Points of contact and differences.]. *Dostizhenie nauki i tekhniki APK – Achievement of science and technology of agribusiness*, 7, 48–51 [in Russian].

6. Dvoruk, V. I., Borak, K. V. (2019). Research of the degree of fixation of abrasive particle in the soil. *Problems of Tribology*, 1, 67–72.

UDC 631.431

Kostiantyn Borak

THE PROGNOSTICATION OF THE CHANGE IN SOILS ABRASIVE PROPERTIES TO ENSURE THE RELIABLE OPERATION OF WORKING BODIES

Urgency of the research. Studies of the change in soils abrasive properties and taking them into account when choosing the materials and the working organs operating regimes of the tillers which will allow to reduce the amortization intensity, is definitely an urgent issue.

Target setting. The agrarian production intensification sets conditions for tough requirements to wearability of the working organs of the tillers.

Actual scientific researches and issues analysis. The existing models of soil environment regard soil as an ideal medium which does not change its characteristics in the long run and these models do not regard its abrasive properties.

Uninvestigated parts of general matters defining. There are no theoretical and experimental research concerning any change in soils abrasive properties in the process of self-organization.

The research objective. The purpose of the research is to develop a mathematical model of the change in soils abrasive properties in the process of self-organization.

The statement of basic materials. Consistency patterns of changes in soils abrasive properties in the process of self-organization can be described by a polynomial function of the second order. The coefficients of the given function were determined experimentally with due regards to the most meaningful factors.

Conclusions. The soil abrasive property increases in the process of self-organization. External factors (precipitation, ground pressure from applied forces) speed up the process of soil self-organization, that results in the increase in soils abrasive properties. External factors do not affect the consistency pattern of a more intensive process of soil medium self-organization at the beginning of its functioning. The developed mathematical models, with due regards to the external factors, will allow to prognosticate some change in soils abrasive properties. A less intensive wear-out of tillers' working organs can be achieved by a much earlier repeated soil tillage (after a mechanical distortion of soil structure) before the processes of increasing of soils abrasive properties as a result of soil self-organization occur.

Keywords: self-organization; soil; system; specific cohesion; degree of fixation; ground pressure; precipitation.

Fig.: 12. Table: 5. References: 6.

Борак Костянтин Вікторович – кандидат технічних наук, Житомирський агротехнічний коледж (вул. Покровська, 96, м. Житомир, 10031, Україна).

Borak Kostiantyn – PhD in Technical Science, Zhytomyr Agrarian and Technical College (96 Pokrovskaya Str., 10031 Zhytomyr, Ukraine).

E-mail: koss1983@meta.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5611-4707>

ResearcherID: G-6568-2016