

**Sergey Anastasenko, PhD tech. sci., Vasiliy Bydyrov, Sr. Lect., Ivan Grigyrko, Lect.**

*Pervomayskiy politechnichnyy institut Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Pervomaysk, Ukraine*

### **Upgrading of the Special Mandrel With a Face Broach Milling Cutter That Operates According to the Scheme of Advanced Milling**

The article presents the design upgrading of a special mandrel for a face milling cutter with a displaced center of rotation in order to decrease labor intensity when milling surfaces with large allowances, to reduce the production cost and to increase the cutting power of inserts of the broach milling cutter.

An upgraded design of a special mandrel with a displaced center of rotation for the broach milling cutter has been proposed.

The design upgrading of the special mandrel with a displaced center of rotation of the cutter for the face broach milling cutter allows to multiply the cutting power of inserts of the broach milling cutter by about 3 times and reduce the labor intensity of manufacturing per part by 4-5 times, which significantly affects the reduction of the unit cost production.

A scheme of advanced milling of surfaces with the help of a special mandrel for the broach milling cutter, which ensures the removal of the allowance from 10 to 30 mm in one pass, has been devised.

**the broach milling cutter, firmness of instrument, milling, geometrical parameters, front corner, main corner in a plan, special mounting, cutting indents**

Одержано 30.10.17

### **УДК 631.4**

**В.М. Боровський, ст. викл., В.Л. Куликівський, канд. техн. наук, В.К. Палійчук, доц., канд. техн. наук**

*Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна*

*E-mail: kylikovskiyv@ukr.net*

## **Енергія взаємодії частинок у дискретному середовищі ґрунту**

Розглянуто процес структуроутворення, фактори, які на нього впливають і проаналізовані енергетичні критерії утворення водотривкої структури. Запропоновано метод енергетичного розрахунку взаємодії ґрунтових частинок, що дозволяє здійснити спрощений розрахунок електростатичної взаємодії ґрунтових колоїдів, які є складовою структури ґрунту.

**взаємодія ґрунтових частинок, водотривка структура, енергетичний розрахунок, фізико-механічні властивості ґрунту**

**В.Н. Боровский, ст. преп., В.Л. Куликовский, канд. техн. наук, В.К. Палийчук, доц., канд. техн. наук**

*Житомирский национальный агроэкологический университет, г. Житомир, Украина*

### **Энергия взаимодействия частиц в дискретной среде почвы**

Рассмотрен процесс структурообразования, факторы, которые на него влияют и проанализированы энергетические критерии образования водопрочной структуры. Предложен метод энергетического расчета взаимодействия почвенных частиц, позволяющий осуществить упрощенный расчет электростатического взаимодействия почвенных коллоидов, которые являются составляющей структуры почвы.

**взаимодействие почвенных частиц, водопрочная структура, энергетический расчет, физико-механические свойства почвы**

© В.М. Боровський, В.Л. Куликівський, В.К. Палійчук, 2017

**Постановка проблеми.** На врожайність сільськогосподарських культур впливають різні фактори, серед яких основними, керованими є такі агротехнічні заходи, як якісно-кількісний склад добрив та обробіток ґрунту.

Під час механічного обробітку ґрунту одночасно відбувається два процеси – руйнування структури ґрунту і структуроутворення [1-3]. В залежності від того, який процес переважає відбувається або розпилення ґрунту, що призводить до підсилення деградації, чи навпаки, його агроструктура поліпшується і, відповідно, підвищується родючість. Баланс між цими процесами залежить від багатьох факторів. Серед них слід виділити – спосіб обробітку ґрунту та знаряддя, що при цьому застосовуються. Збільшити кількість цінних водотривких агрегатів в ґрунті можливо шляхом введення штучних структуроутворювачів, але це досить затратно, крім того післядія та вплив на спадковість якості структур, утворених за умов їх застосування, вивчені недостатньо.

Тому при конструюванні знарядь для механічного обробітку ґрунту, актуальними є прагнення до мінімізації процесів руйнування водотривких агрегатів та створення найбільш сприятливих умов для структуроутворення.

Так як результатом обробітку є нерівноважний стан ґрунту, то в будь-якому випадку – це процес підведення до частинок ґрунту певної кількості енергії з метою зміни властивостей і досягнення, з точки зору агротехнічної науки, оптимального складу, при якому досягається максимальний ефект (наприклад, врожайність культур).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Важливою умовою розвитку ґрунтообробної техніки є модель ґрунтового середовища як об'єкта механічного обробітку. Процес взаємодії робочих органів і знарядь з ґрунтовым середовищем є основою теорії обробітку ґрунту. Причому створення робочих органів і знарядь повинно ґрунтуватися на теоретичних відображеннях технологічних процесів, що протікають в ґрунті, з урахуванням властивостей раціонально обраних її моделей і описаних математичними залежностями.

Початковим етапом структуроутворення є виникнення контакту між сусідніми частинками дисперсної фази, а кінцевий результат являє собою виникнення просторової структури, яка охоплює весь ґрунтовий профіль. Кількість і характер контактів є найважливішими структурними характеристиками агрономічно цінних водотривких агрегатів. Розрізняють три основних типи поміжчастинкових контактів [4-6]. Це коагуляційні рідинні контакти, сухі точкові (молекулярно-точкові) і конденсаційні (кристалізаційно-цементацийні), або фазові контакти. В утворенні ґрунтових агрегатів беруть участь всі три типи контактів. Поряд із вказаними, в ґрунтах утворюються специфічні цементацийно-фазові контакти. Вони пов'язують між собою органомінеральні фракції мікроагрегатів, неагреговані пилові і піщані частинки ґрунтів і формують з них водостійкі ядра, які є основою, функціональною одиницею агрегатної структури ґрунтів.

**Постановка завдання.** Мета дослідження – розглянути процеси структуроутворення агрономічно цінних водотривких агрегатів, умови, при яких вони утворюються для подальшого аналізу енергетичної взаємодії структурних складових дискретного середовища ґрунту.

**Виклад основного матеріалу.** Під час дослідження механізму структуроутворення можна стверджувати, що на першому етапі утворення ґрунтових агрегатів виникає просте прилипання колоїдних частинок між собою. Подальше зміцнення цих «проагрегатів» відбувається за рахунок клейких речовин, а саме гідратів повторних окислів, силікагелів. Однак найбільш стійкі та цінні агрегати утворюються лише у верхніх ґрунтових горизонтах, де роль клею виконують органічні речовини ґрунту. При наявності у розчині вільних солей заліза, алюмінію та лужноземельних

катіонів відбувається незворотне обернення гуматів і зв'язки останніх із мінеральними частинками стають найбільш слабкими, що супроводжується утворенням дрібних агрегатів.

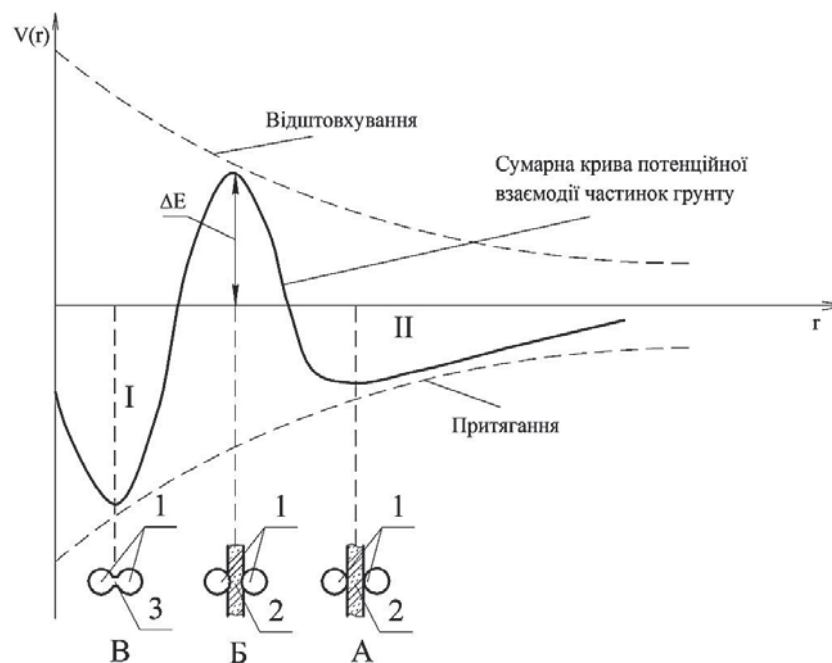
З енергетичної точки зору фізико-механічні властивості ґрунту визначаються природою і величиною сил зчеплення частинок одна з одною, а також кількістю поміжчастинкових контактів в одиниці об'єму системи. Повна потенційна енергія двох взаємодіючих частинок задовільно описується рівнянням:

$$E(r) = \frac{b}{r^{12}} - \frac{c}{r^6}, \quad (1)$$

де  $r$  – відстань між центрами мас взаємодіючих частинок;  
 $b$ ,  $c$  – емпіричні константи.

Відповідно до наведеного рівняння сумарна потенційна енергія взаємодії частинок від'ємна на близьких і далеких відстанях (переважає енергія притягання) і може бути додатна на середніх відстанях (переважає енергія відштовхування). Максимум потенційної кривої відповідає деякому потенційному бар'єрові  $\Delta E$  (рис. 1). Первинним актом структуроутворення є виникнення контакту між сусідніми частинками дисперсної фази, а кінцевий результат являє собою утворення просторової структури, яка охоплює весь ґрунтовий профіль. Таким чином, можна стверджувати, що водотривкі агрегати утворюються в ґрунті за таких умов:

- 1) ґрунт має оптимальну вологість, тобто знаходиться в стані фізичної стиглості;
- 2) коагуляційно-рідинні контакти між частинками ґрунту перетворюються спочатку в молекулярно-точкові, а потім у кристалізаційно-цементаційні;
- 3) ґрунт має достатню кількість колоїдів міцелі мінерального чи органічного походження.



А – коагуляційний контакт через сольватні прошарки; Б – точковий контакт із проривом сольватного прошарку; В – утворення конденсаційно-цементаційного контакту; 1 – частинки ґрунту; 2 – сольватний шар; 3 – конденсаційно-цементаційний зв'язок

Рисунок 1 – Енергетичні криві потенційної взаємодії та характер взаємодії двох частинок ґрунту

Ґрунти в силу дисперсності, мають колосальну питому поверхню і, як наслідок, велику кількість питомої енергії, величина якої обумовлює процеси формування ґрунтових агрегатів та їх сталість. Для ґрунту, як і для будь-якого дисперсного середовища характерні такі фактори сталості (стабілізації):

1. Електростатичний фактор (термодинамічний) полягає у зменшенні поверхневого натягу внаслідок виникнення подвійного електростатичного шару поверхні частинок.

2. Абсорбційно-сольватний фактор (термодинамічний) полягає у зменшенні поверхневого натягу в результаті взаємодії частинок із дисперсійним середовищем або завдяки адсорбційній дії стабілізаторів.

3. Ентропійний фактор (термодинамічний) проявляється у прагненні дисперсної фази до рівномірного розподілення за об'ємом системи під дією теплового руху.

4. Структурно-механічний фактор (кінетичний), пов'язаний із тим, що на руйнування плівок, які утворюються на поверхні частинок і відрізняються пружністю та механічною міцністю, потрібні енергія і час.

5. Гідродинамічний фактор (кінетичний) полягає у зменшенні швидкості руху частинок при зміні в'язкості та дисперсійного середовища.

Необхідно відзначити, що для ґрунтів найбільш характерна змішана дія багатьох факторів, тобто агрегатна сталість структури забезпечується дією декількох факторів одночасно. Таким чином, сталість структур ґрунту визначається балансом енергії притягання та енергії відштовхування частинок.

Пропонується наближений метод, який дозволяє розрахувати енергію взаємодії частинок з викривленою поверхнею  $U$  за відомим законом взаємодії плоских частинок  $U(h)$ , що має вигляд:

$$U_s = K_h \cdot U(h) \cdot dh, \quad (2)$$

де  $K$  – константа форми частинок;

$h$  – найкоротша відстань між частинками.

Метод дозволяє отримати в аналітичному вигляді вираз для енергії взаємодії частинок правильної (модельної) геометричної форми. Однак, отримані вирази досить складні. Спрощені вирази енергії та сил електростатичної взаємодії слабо заряджених сферичних частинок радіусом  $a_1$  та  $a_2$  мають вигляд:

$$U_i = 2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \psi^2 \frac{2 \cdot \pi \cdot a_1 \cdot a_2}{a_1 + a_2} \ln[1 + \exp(-\chi h)], \quad (3)$$

$$F_i = 2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \psi^2 \frac{2 \cdot \pi \cdot a_1 \cdot a_2}{a_1 + a_2} \cdot \frac{\chi}{1 + \exp(\chi h)}, \quad (4)$$

де  $\varepsilon$  – відносна діелектрична проникність;

$\varepsilon_0$  – електрична константа;

$\psi$  – потенціал поверхні максимального наближення;

$\chi$  – величина, зворотна товщині дифузійної частини подвійного електричного шару;

$h$  – відстань між центрами мас частинок;

$a_1$  та  $a_2$  – розміри частинок, які взаємодіють між собою.

Енергію електростатичного відштовхування частинок при  $\psi > 1$  можна визначити за формулою:

$$U = \frac{a}{z^2} f(\psi; \chi h), \quad (5)$$

де  $z$  – валентність іонів симетричного електроліту (водне середовище),  $z = 1$ .

Значення функції  $f(\psi; \chi h)$  розраховані:  $\psi = 2 \dots 6$ ;  $\chi h = 0 \dots 3$ . Для розрахунку енергії молекулярної взаємодії (енергії притягання) сферичних частинок з радіусом  $a$ , за умови  $h < a$ , отримано вираз:

$$U_i = \frac{Aa}{12h}, \quad (6)$$

де  $A$  – константа Гамакера.

Отже, сумарна енергія взаємодії частинок середовища ґрунту може бути обчислена за формулою:

$$U_s = U_i + U_m = \frac{a}{z^2} f(\psi; \chi h) - \frac{Aa}{12h}. \quad (7)$$

Практичні результати розрахунку енергії  $U_s$ ,  $U_i$ ,  $U_m$ , парної взаємодії частинок ґрунту з гранулометричним складом, виконані у відповідності до формули (7) та графічно відображені на рис. 2, 3.

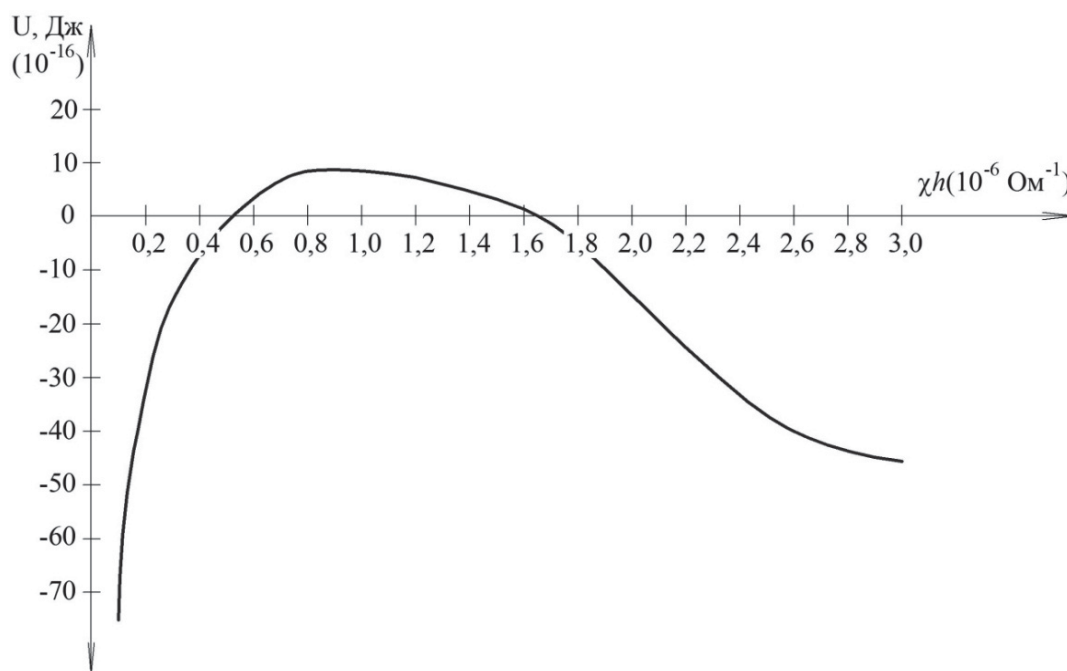


Рисунок 2 – Варіант «максимального» енергетичного рівня взаємодії частинок

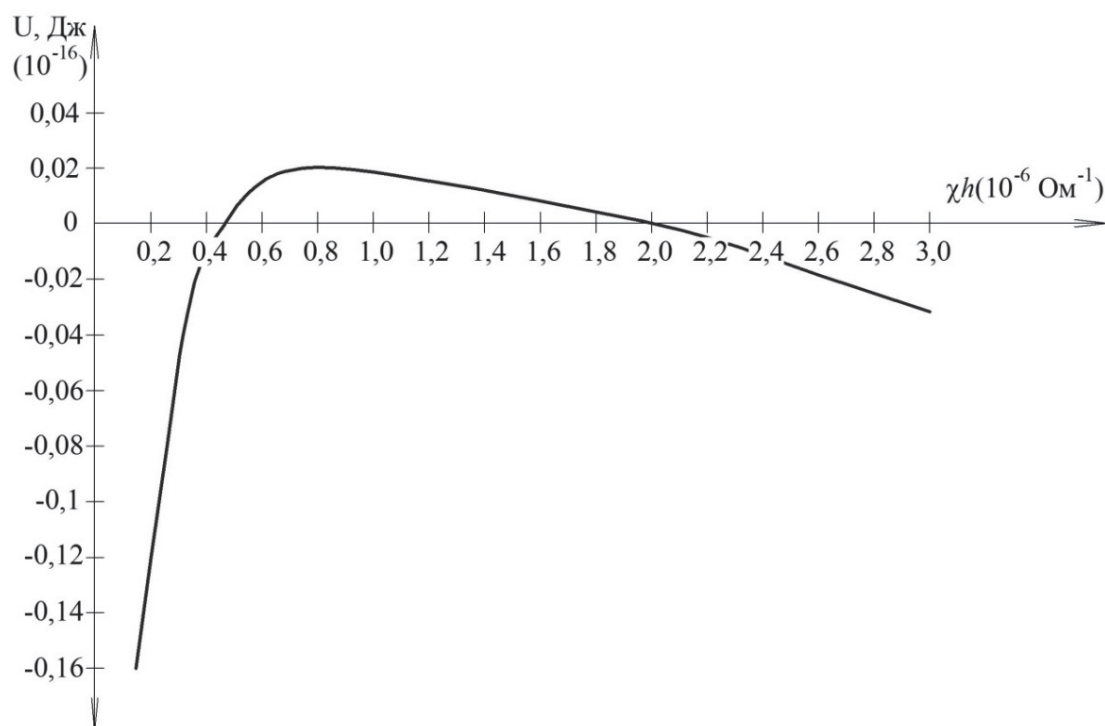


Рисунок 3 – Варіант «мінімального» енергетичного рівня взаємодії частинок

**Висновки.** Сталість структур ґрунту визначається балансом енергій взаємодії (енергії притягання та енергії відштовхування) ґрунтових частинок. Метод енергетичного розрахунку, взаємодії ґрунтових частинок, дозволяє здійснити спрощений розрахунок електростатичної взаємодії ґрунтових колоїдів, які є складовою структури ґрунту і може бути використаний для моделювання енергетичної взаємодії структурних складових дискретного середовища ґрунту.

### Список літератури

1. Кушнарєв, А.С. Механико-технологические основы обработки почвы [Текст] / А.С. Кушнарєв, В.И. Кочев. – К.: Урожай, 1989. – 140 с.
2. Медведєв, В.В. Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур [Текст] / В.В.Медведєв, Т.Н.Лактионова, Л.В.Донцова – Харьков: Апостроф, 2011. – 224с.
3. Тимонов, В.Ю. Механическая обработка и агрофизические свойства почвы [Текст] / В.Ю. Тимонов, Н.М. Чернышева, С.С. Балабанов, Н.И. Картамышев // Вестн. Курской гос. с.-х. акад. – 2009. – № 6. – С. 53-57.
4. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв [Текст] / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
5. Качинский, Н.А. Физика почв. Водно-физические свойства и режимы почв [Текст] / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1970. –182 с.
6. Панов, И.М. Физические основы механики почв [Текст] / И.М. Панов, В.И. Ветохин. – К.: Феникс, 2008. – 266 с.

**Victor Borovskiy, Sr. Lect., Vladimir Kulykivskiy, PhD tech. sci., Vladimir Paliychuk, Assoc. Prof., PhD tech. sci.**

*Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, Ukraine*

**The Energy of Interaction of Particles in a Discrete Medium of the Soil**



The purpose of the study is to examine the processes of structure formation of valuable waterproof aggregates, the conditions under which they are formed for further analysis of the energy interaction of the structural components of the discrete soil environment.

From the energy point of view, the physical and mechanical properties of the soil are determined by the nature and magnitude of the forces of cohesion of particles with each other, and also by the number of contacts between particles per unit volume of the system. The primary act of structuring is the emergence of contact between the neighboring particles of the dispersed phase, and the final result is the formation of a spatial structure that encompasses the entire soil profile. The soils, due to the dispersion, have a colossal specific surface and, as a result, a large amount of specific energy, the magnitude of which causes the formation of soil aggregates and their constancy. It should be noted that the mixed effect of many factors is most typical for soils, that is, the aggregate stability of the structure is provided by the action of several factors simultaneously. Thus, the consistency of soil structures is determined by the balance of the energy of attraction and the energy of repulsion of particles.

The method of energy calculation, the interaction of soil particles, makes it possible to carry out a simple calculation of the electrostatic interaction of ground colloids, which are a composite structure of the soil and can be used to model the energy interaction of the structural components of a discrete soil medium.

**interaction of soil particles, waterproof structure, energy calculation, physical and mechanical properties of soil**

Одержано 26.10.17

**УДК 664.161**

**В.В. Бредихин, доц., канд. техн. наук, С.А. Харченко, доц., канд. техн. наук**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, м.Харків, Україна, E-mail:vadimbr76@ukr.net*

## **К уравнению движения частиц при моделировании процесса сепарации зерновых смесей вибропневматическими сепараторами**

В статье рассмотрено уравнение движения частиц  $n$ -го слоя при моделировании сепарации зерновых смесей. Определено, что моделирование процессов перераспределения слоев зернового материала путем рассмотрения  $n$ -го слоя, является перспективным подходом.

**движение частиц, процесс сепарации, вибропневматические сепараторы, математическая модель**

**В.В. Бредіхін, доц., канд. техн. наук, С.О. Харченко, доц., канд. техн. наук**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна*

## **До рівняння руху часток при моделюванні процесу сепарації зернових сумішей вібропневматичними сепараторами**

У статті розглянуто рівняння руху частинок  $n$ -го шару при моделюванні сепарації зернових сумішей. Визначено, що моделювання процесів перерозподілу шарів зернового матеріалу шляхом розгляду  $n$ -го шару, є перспективним підходом.

**рух часток, процес сепарації, вібропневматичні сепаратори, математична модель**

© В.В. Бредихин, С.А. Харченко, 2017