

Ткачук В.Ф., к.т.н., проф., Індруський В.П., магістрант 5 курсу, Васильчук О.Ю., ст. 4 курсу МЕФ (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РУЙНУВАННЯ ҐРУНТУ ЗГИНОМ ЗА ДОПОМОГОЮ КРИВОЛІНІЙНОЇ ПОВЕРХНІ

У статті описані призначення криволінійної поверхні, способи руйнування ґрунту. Досліджується гіпотеза Ріттинґера за математичною моделлю подрібнення ґрунтової скиби згином.

The articles describes the appointment of a curved surface, means the destruction of the soil. We investigate the Rittinher hypothesis of mathematical model for crushing chunks of soil-fold.

Сучасна аграрна галузь базується на механізованих технологіях, ефективність яких залежить від їх технічної оснащеності, рівня використання та наявності енергозберігаючих елементів [1].

Одною з головних задач обробітку ґрунту є створення сприятливих умов для накопичення поживних речовин і, особливо, вологи. Запорукою успішного протікання даних процесів, за твердженням науковців, агрономів і ґрунтознавців є необхідний агрегатний склад ґрунту по всій глибині обробітку. Ґрунт можна поділити на декілька шарів. Основним з них є родючий. Родючий шар землі має товщину 40-50 см від поверхні. Цей шар є найціннішою властивістю ґрунту, бо він здатний забезпечувати рослини всім необхідним для створення урожаю: поживними речовинами, водою, повітрям, вміщувати кореневу систему. Але досягти такої структури при застосуванні простих ґрунтообробних знарядь практично не вдається. Так, під час обробітку ґрунту, особливо безвідвальному, максимальні розміри грудок формуються саме на поверхні обробленого поля. Щоб забезпечити необхідний за глибиною обробітку потрібного агрегатного складу і подрібнення поверхневих крупних грудок, доводиться застосовувати додаткові робочі органи. Робочі органи таких машин мають криволінійну робочу поверхню (рис. 1). Криволінійні форми робочих поверхонь спроможні розпушувати ґрунт з малими енерговитратами, також ними можна змінювати ступінь подрібнення ґрунту за допомогою зміни радіуса кривизни поверхні на її виході. Тобто чим більший радіус кривизни даної поверхні, тим менша ступінь подрібнення.

Основними показниками механізованої технології є спосіб подрібнення, фізико-механічні властивості ґрунту та ступінь подрібнення ґрунту [1].

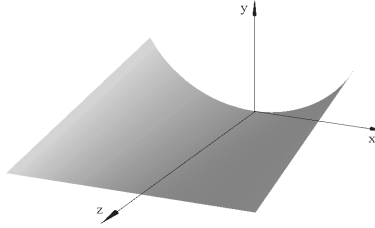


Рис. 1. Грунторозпушувальна поверхня

Розрізняють такі види деформації: розтягнення, стиснення, зсув, згин, кручення. Основними з вище наведених є розтяг, стиск, згин. На деформацію ґрунту згином велику роль відіграє опір стиску та розтягу. Робочі органи з криволінійною поверхнею діють на ґрунт поступовим згином. Відомими є твердження, що дослідження згину ґрунтової скиби можна розглядати як згин ґрунтової балки з використанням положень опору матеріалів. При цьому необхідно врахувати двомодульність ґрунтового середовища та циклічний характер подрібнення ґрунту, з поступовим руйнуванням більших агрегатів призматичної форми на менші [1,2].

Для збереження ефективності гумусового шару, якості розпушення необхідно проводити розпушення ґрунту пасивним багатоярусним робочим органом [3, 4].

Робоча поверхня даних розпушувачів представляє собою комбіновану поверхню, яка складається з плоского лемеша, який плавно переходить у транспортувальну поверхню у вигляді жолоба зі змінним радіусом кривизни. Останній зменшується в напрямку руху шару вже розробленого ґрунту.

Зрізаний ґрунт плоскою передньою різальною кромкою рухається поверхнею, яка має змінний радіус кривизни – радіус на виході (кінцевий радіус). Це викликає деформування ґрунту в трьох координатних площинах, а основним видом деформації є поступовий згин зрізаної стружки в поперечній площині відносно напрямку руху робочою органом (рис. 2).

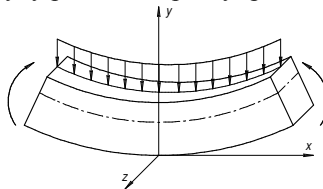


Рис. 2. Модель ґрунтової балки, що зазнає деформації згину

При згині будь якого тіла відбувається умовне розділення його на дві поздовжні частини. В одній частині виникають напруження розтягу – σ_p , а в іншій – стиску – σ_c . Отже, одні волокна матеріалу розтягуються, а інші стискаються. Шар волокон, який „розділяє” зони стиску і розтягу, називається

нейтральним шаром. Особливістю волокон, які належать нейтральному шару, є їхня незмінна довжина на відміну від інших, які подовжуються або скорочуються під дією сил розтягу і стиску відповідно. [4].

Сили розтягу і стиску, які виникають у відповідних зонах при згині, однакові по величині, але мають протилежний напрямок. Цим пояснюється існування нейтрального шару – внаслідок врівноваження однієї сили іншою волокна не змінюють своєї довжини.

З попередніх експериментальних досліджень визначено зону початку подрібнення ґрунтової скиби згином (поява перших тріщин) [5]. В більшості випадків ця зона знаходиться на нейтральній лінії початкового поперечного перерізу ґрунтової скиби (рис. 2.). Уявна нейтральна лінія ґрунтової балки при її згині зміщається в зону стиску, внаслідок чого до 62-83% ґрунту в поперечному перерізі працює на розтяг. Це є значною перевагою робочих органів де переважними є деформації згину і розтягу.

Збільшення інтенсивності подрібнення проходить в напрямку до поверхні (див. рис. 3).

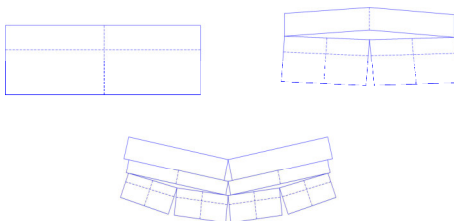


Рис. 3. Стадії подрібнення ґрунтової скиби згином

Дослідимо механізм подрібнення ґрунту криволінійними поверхнями багаторусного розпушувача. Для цього розглянемо взаємодію робочої поверхні розпушувача з ґрунтовим масивом.

Дослідження проводилися на ґрунтовому каналі кафедри БДММіО НУВГП. Умови проведення експерименту наступні: ґрунт – однорідний напівтвердий суглинок без твердих включень; щільність – $C_{y0}=3-4$; вологість ґрунту на глибину до 0,2 м – 8-9%; глибина обробки – 0,05 м, 0,1 м, 0,15 м; кут встановлення поверхні – 5°, 15°, 25°; розміри поверхні: довжина – 0,35 м, ширина – 0,32 м, кінцевий поперечний радіус – 0,2 м.



Рис. 4. Бюкси з пробами ґрунту

Відносна вологість ґрунту:

$$\omega = \frac{m_4 - m_5}{m_4} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Таблиця 1

Результати проби ґрунту

№ бюкси	Бюкса 635	Бюкса 785
m_1	120.24	90.25
m_2	115.85	84.96
m_3	31.91	31.32
m_4	88,33	58,93
m_5	83,94	53,64

де m_1 – маса бюкси з вологим ґрунтом; m_2 – маса бюкси з висушеним ґрунтом; m_3 – маса бюкси; m_4 – маса вологого ґрунту; m_5 – маса сухого ґрунту.

Досліджувана поверхня закріплювалася на двох вертикальних стояках, які при необхідності могли бути зміщені по вертикалі з певним кроком відносно рами візка (рис. 5).

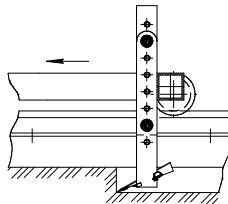


Рис. 5. Навіса досліджуваної поверхні на рамі візка

Для зменшення кількості зупинок процесу і спостереження за зміною навантаження при зміні глибини було утворено ступінчастий рельєф каналу (рис. 6).



Рис. 6. Ступінчастий рельєф каналу

Під час проведення дослідів основна увага концентрувалася на структуру розробленого ґрунту (рис. 7). Було встановлено, що при розпушенні ґрунту таким робочим органом утворюється комковато-зерниста структура.

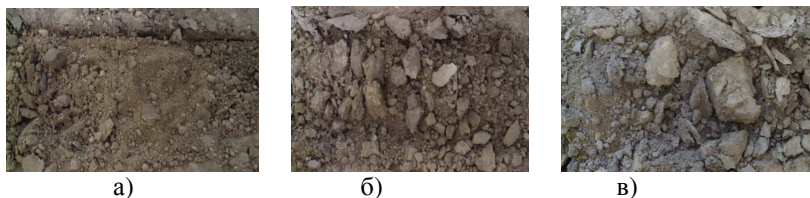


Рис. 7. Структура розпушеного ґрунту
а) на глибині 0,05 м; б) на глибині 0,1 м; в) на глибині 0,15 м

Руйнування ґрунту проходить у результаті одночасної дії деформацій стиснення, розтягування, згину та їх комбінацій. Тому до цих пір для загальної оцінки енергоємності процесів руйнування користуються гіпотезами (законами) Ріттінгера, Кірпічова – Кіка і Ребіндера [6].

Класичні закони подрібнення зв'язують енергію (роботу), яку потрібно витратити на процес подрібнення (руйнування) того або іншого матеріалу з розмірами готового продукту.

Гіпотеза подрібнення, яку запропонував П. Ріттінгер у 1867р. говорить, що робота A , яку необхідно витратити на процес подрібнення, пропорційна площі поверхні ΔS , що утворилася в результаті руйнування:

$$A = k_1 \Delta S, \quad (2)$$

де k_1 – коефіцієнт пропорційності Ріттінгера.

Використовуючи додатковий матеріал [4, 6, 7], можна знайти роботу, яку необхідно витратити на процес подрібнення за допомогою гіпотези Ріттінгера.

Таблиця 2

Результати дослідження структури подрібнення ґрунту

h, м	$R_{к_1}$ м	P, Н	A, Н·м	k_1	$V, \text{м}^3/\text{хв}$
0.05	0.2	136.8	137.1	0.3	1.055
		152,3	145.6	0.2	2.24
		176.3	170.8	0.1	3.42
0.1	0.2	243.4	243.9	0.03	1.055
		262,3	275.08	0.02	2.24
		293.5	284.4	0.01	3.42
0.15	0.2	362.4	363.2	0.003	1.055
		382,2	401.8	0.002	2.24
		410.2	397.4	0.001	3.42

де A – робота, яку необхідно витратити на процес подрібнення;

k_1 – коефіцієнт пропорційності Ріттінгера.

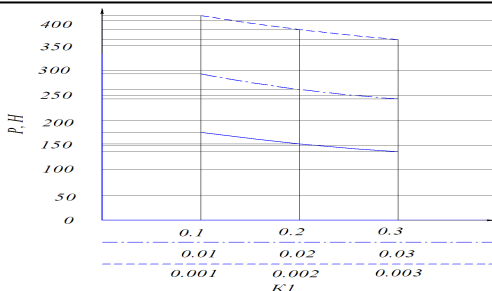


Рис. 8. Залежність коефіцієнта пропорційності Ріттинґера від швидкості робочого органу

Аналіз отриманих залежностей показав, що на коефіцієнт пропорційності Ріттинґера k_1 впливають такі основні параметри, як тип ґрунту, спосіб подрібнення та фізико-механічні властивості ґрунту:

$$k_1 = A / \Delta S. \quad (3)$$

Висновки:

1. Робота присвячена вирішенню задачі підвищення ефективності розпушування ґрунту шляхом створення нового робочого органу машин, які мають криволінійну робочу поверхню.

2. Такі види подрібнення, як розкол, роздавлювання, зсув мають основний недолік – наявність процесів притискання, затискання чи ущільнення. Ці фактори не лише погіршують структуру розпушеного ґрунту, але є небажаними щодо енергоємності – частина енергії йде на розпушення, а частина – на ущільнення. Так, як ґрунтове середовище чинить різний опір деформаціям стиску та розтягу, тобто є бімодульним, альтернативним варіантом виступає згин.

3. Графік залежності показав, що при збільшенні коефіцієнта пропорційності Ріттинґера зусилля падає.

1. Панченко А.Н. Теорія измельчения почв почвообрабатывающими орудиями – Днепрпетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с. 2. Гуков Я.С. Проблемы обработки ґрунту і шляхи їх розв'язання // Вісник аграрної науки: науково-теоретичний журнал УААН. – №1. – 1996. – С. 28-30. 3. Ткачук В.Ф., Лук'ячук О.П. Математична модель кришального ковша багаторусного розпушувача ґрунтів // Вісник НУВГП. 4. Ткачук В.Ф., Лук'ячук О.П. Силова взаємодія поверхні кришального ковша з розроблювальним ґрунтом // Вісник НУВГП. 5. Ткачук В.Ф., Лук'ячук О.П. Перспективний багаторушний агромеліоративний розпушувач // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Збірник наукових праць. 6. Кравець С.В. Теорія руйнування робочих середовищ. Навчальний посібник. – Рівне, 2008, – С. 123. 7. Ткачук В.Ф., Лук'ячук О.П. Дослідження моделі подрібнення ґрунтової скиби на кривизні робочих поверхонь ґрунторозпушувача // Вісник НУВГП.

Рецензент: професор, к.т.н. Сухарев Е.О. (НУВГП)