

В.В. Воротнюк, асп., С.І. Шмат, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

О.С. Гаврильченко, канд. техн. наук

Дніпропетровський державний аграрний університет

Аналітичне визначення якості кришення ґрунту об'ємним розпушувачем з розімкнутими стояками

В роботі пропонується методика аналітичного визначення якості обробки ґрунту, яка може бути використана на проектному етапі створення ґрунтообробних знарядь.

чизелювання, об'ємний розпушувач, V-подібні робочі органи, ступінь кришення

Чизелювання як вид основної обробки ґрунту останнім часом знаходить все більше застосування. Це пов'язано, в першу чергу, з необхідністю регулювання водного режиму ґрунтів. Характерною особливістю технологічного процесу, що виконується чизельними знаряддями, є глибоке рихлення з недорізом пласта по ширині захвату з утворенням на дні борозни незруйнованих гребенів та розпушеного шару над гребенями. (рис.1).

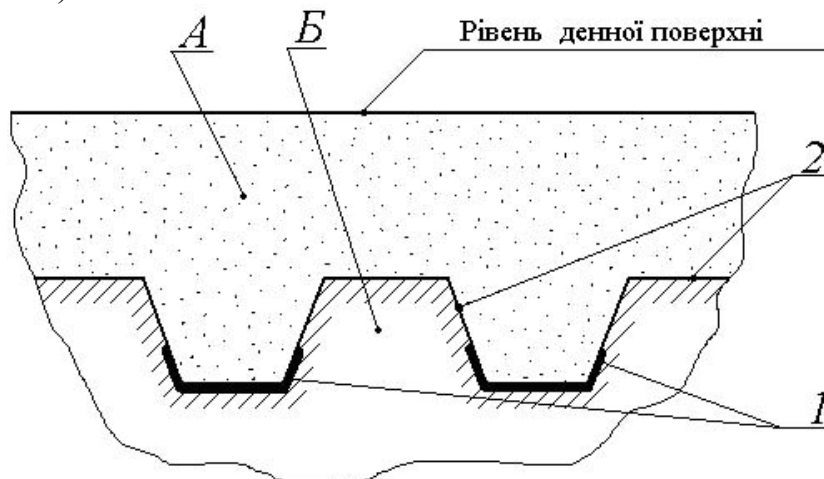


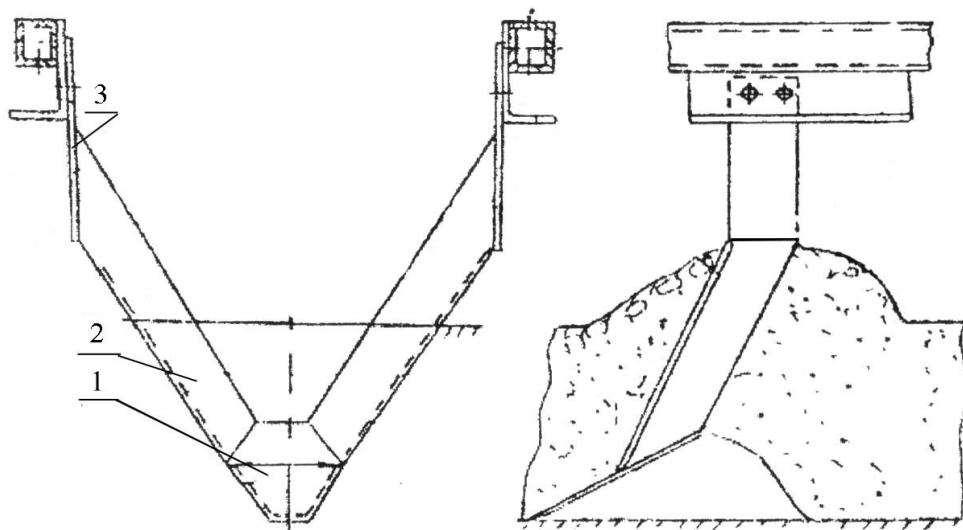
Рисунок 1 - Профіль борозни

При цьому на дні борозни утворюється ущільнене ложе 1, яке служить для накопичення вологи. З огляду на те, що в шарі А капілярні пори зруйновані, випаровування буде обмежено, а наявність капілярних пор в шарі Б сприяє регулюванню вологозаряду: або знімає його надлишок, або підживлює при недостатчі.

Для стійкого регулювання водного режиму необхідно виконати дві додаткові умови: поверхня 2 не повинна бути ущільнена, тобто утворена сколюванням без безпосереднього контакту із знаряддям і шар А повинен складатися з ґрунтових агрегатів, оптимальних розмірів для даного типу ґрунту.

Дніпропетровським ДАУ [1,2] для формування такого профілю було розроблено знаряддя V-подібної форми (рис. 2).

Для стійкої роботи знаряддя необхідно виконати цілий ряд умов. Перш за все, для формування ущільненого ложа необхідно, щоб леміш йшов на глибині, яка перевищує критичну для даного типу ґрунту, який у свою чергу залежить від форми робочої поверхні знаряддя.



1 – лемеш; 2 – бокові стояки; 3 - несучі стояки.

Рисунок 2 - Схема знаряддя Дніпропетровського ДАУ

В той же час, використання його як знаряддя для основної обробки ґрунту вимагає виконання ряду якісних показників по кришенню ґрунту. Тому, знаряддя складається з п'яти конструктивних елементів, орієнтація яких по напрямку руху суворо регламентована його функціональним призначенням і механіко-технологічними властивостями ґрунту. При цьому, при формуванні робочого органу необхідно враховувати взаємний вплив конструктивних елементів знаряддя.

Таким чином, проблема полягає в складності, а в деяких випадках, і неможливості створити знаряддя, здатне ефективно працювати в широкому діапазоні ґрунтово-кліматичних умов.

За основу при формуванні V-подібного робочого органу прийнято одне з положень аналітичної теорії подрібнення ґрунту ріжучим периметром довільної форми А.Н.Панченко [3], яка свідчить, що для формування агрегату в процесі різання ґрунту необхідно подолати внутрішні напруження, які залежать від результуючих сил зчеплення і кута укладання частинок. Ріжучий периметр робочого органу умовно розбивається на ряд елементів, дія яких направлена на створення полів напружень в ґрунті, що приводить до направленої кришки. В подальшому, дане положення було неодноразово підтверджено при розробці і постановці на виробництво ряду ґрунтообробних знарядь.

Суть методики в наступному. Перш за все необхідно визначитися з критеріями оцінки якості кришки, прийнятими для проектних розрахунків. З цією метою було введено поняття приведенного коефіцієнта ступеня подрібнення ґрунту i . Суть коефіцієнта в наступному.

При сколюванні елементарної ділянки ґрунту необхідно подолати внутрішнє напруження, яке визначається за формулою:

$$G = \frac{R_c}{b \cdot a}, \quad (1)$$

де R_c – результуюча сила зчеплення частинок ґрунту на ділянці сколювання;

b, a - поперечний переріз стружки ґрунту.

Результуючу силу зчеплення можна визначити знаючи питоме зчеплення частинок ґрунту, яке у свою чергу визначається щільноміром ДорНДІ. Тоді, розрахункове значення ступеня подрібнення [3]

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

де K_p – питомий коефіцієнт різання ґрунту;

E – модуль пружності ґрунту, який визначається по методиці [3] в залежності від кількості ударів щільноміра ДорНДІ.

Питомий коефіцієнт різання ґрунту K_p визначається як відношення опору різанню до площі поперечного перерізу стружки.

Виходячи з оптимального, з погляду агротехніки, значення приведенного діаметра ґрунтових агрегатів 2..10 мм аналітично обґрунтовано оптимальне значення $i = 13,7..98,0$ [3].

При використанні такого підходу робочі поверхні робочого органу необхідно формувати з розрахунку на пріоритетну дію сил згину і обжимання пласта, що зрештою і призвело до появи нового робочого органу V -подібної форми.

В результаті експериментальних досліджень була відпрацьована конструкції розпушувача [4].

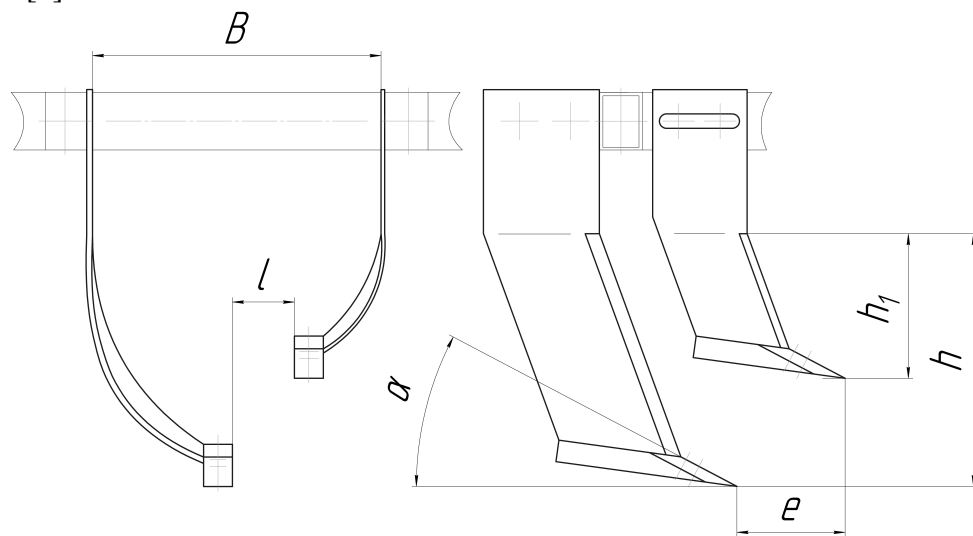


Рисунок 3 – Конструктивна схема розпушувача.

Конструктивна схема (рис. 2.) побудована з використанням рішень, закладених в V - і U -подібних знаряддях і є логічним продовженням закладених в них ідей.

Основні параметри, які характеризують конструкцію: B – ширина захвату; α – кут атаки долота; h – повна глибина ходу знаряддя; h_1 – глибина ходу першої лапи пари; e – виліт верхнього наральника по відношенню до нижнього; l – відстань між наральниками по ширині;

Дослідний робочий орган використовує наступні механізми кришення:

- відділення призми ґрунту від масиву при підрізанні пласта долотом;
- розгалуження і розвиток тріщин при підйомі пласта по поверхні;
- обжимання бічними стояками;
- динамічний удар при укладанні матеріалу на дно борозни.

В процесі роботи знаряддя в ґрунті формуються зони деформації, які розповсюджуються вперед і в сторони. Напрямок сколювання від лемеша вперед по ходу знаряддя відхиляється на кут внутрішнього тертя ґрунту φ_2 від нормалі до леза лемеша.

Параметри конструкції визначають внесок кожної складової в загальне кришення пласта.

Для порівняння якості кришення розробленого знаряддя з відомими, за інших рівних умов, необхідно, відповідно до методики А.Н.Панченко, знати числове значення

питомого коефіцієнта різання K_r як показника, який характеризує величину створюваних в ґрунті напружень. Розглянемо послідовно, як змінюється K_r із зміною геометрії знаряддя, використовуючи при цьому ті ж підходи, але вносячи корективи відповідно до результатів останніх досліджень.

Тяговий опір одного стояка в загальному вигляді [3]:

$$W = (P_{СК} + P_N + P_{БОК} + P_{ЗАТ} + P_V) \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{i + \sin \varphi_1}{\cos \varphi_1} - \varphi_1 \right) \right], \quad (8)$$

де $P_{СК}$ – тяговий опір від утворення призми сколювання;

P_N – тяговий опір від сил тертя по долоту;

$P_{БОК}$ – тяговий опір від сил тертя по бічному стояку;

$P_{ЗАТ}$ – тяговий опір від затуплення леза;

P_V – тяговий опір, який враховує вплив швидкості різання;

i – коефіцієнт ковзання;

φ_1 – кут внутрішнього тертя.

Тяговий опір від утворення призми сколювання розраховуємо окремо для кожного стояка, так як вони не з'єднані долотом і рознесені в напрямку руху.

$$P_{СК} = C_{УД} \cdot F_{СК}, \quad (9)$$

де $C_{УД}$ – питоме сколювання частинок ґрунту;

$F_{СК}$ – площа сколювання.

Для стояка, що стоїть окремо і іде на глибині основної обробки, з достатнім ступенем точності можна прийняти, що призма сколювання є половиною переверненого конуса з вершиною в центрі долота і радіусом в основі $a \cdot \cos^{-1}(\alpha + \varphi_2)$. Побічно це можна підтвердити знімком досліджень в ґрунтовому каналі (рис.3.)

Тоді, площа сколювання

$$F_{СК} = \int_0^{0,5\pi} \frac{a}{\cos(\alpha + \varphi_2)} \cdot \sqrt{[ctg(\alpha) + tg(\alpha + \varphi_2)]^2 \cdot \cos^2(t) + tg^2 \varphi_2 \cdot \sin^2(t)}, \quad (10)$$

де a – глибина ходу знаряддя;

α – кут атаки долота;

φ_2 – кут внутрішнього тертя;

t – поточний параметр.



Рисунок 4 – Розповсюдження ліній сколювання від стояка з долотом, що рухається в ґрунті

$$(P_N + P_{БОК}) = 4,9 \cdot b \cdot a^2 \cdot tg^2(45^\circ - 0,5\varphi_2) \cdot \gamma \cdot (\sin \varphi_2 + \cos(\alpha + \varphi_2) \cdot \cos \alpha \cdot tg \varphi_1); \quad (11)$$

$$P_{ЗАТ} = K' \cdot (Z + tg \varphi_1 \cdot X) \cdot b, \quad (12)$$

де K' - границя несучої здатності;
 b – ширина захвата знаряддя;
 X – товщина леза;
 γ - питома вага ґрунту.

Додаткову силу різання, яка враховує вплив швидкості різання, визначаємо по формулі Ю. А. Ветрова [5]:

$$P_V = \frac{\gamma \cdot b \cdot a}{g} \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha + \theta)} \cdot V^2, \quad (13)$$

де θ – задній кут;
 V – швидкість різання.

Отримані залежності (8-13) дають можливість визначити питомий коефіцієнт різання ґрунту:

$$K_p = \frac{W}{a \cdot b}, \quad (14)$$

і визначивши по довідковим даним [3] внутрішнє напруження і модуль пружності ґрунту, по формулі (2) визначити ступінь кришення.

Розрахунки показують, що одностояковий розпушувач має дещо гірші з точки зору ступені кришення показники якості обробки. Використання другого стояка, який іде на меншій глибині і працює в режимі наявності початкового ступеню кришення, дозволяє на менших глибинах варіювати ступенем кришення. Це робить знаряддя більш універсальним і дозволяє знизити тяговий опір за рахунок менш інтенсивної обробки на більших глибинах.

Напрямок подальших робіт бачиться в оптимізації конструктивних параметрів знаряддя.

Список літератури

1. Панченко А.Н., Волик Б.А., Марениченко В.В. Перспективные направления развития почвообрабатывающих орудий для основной обработки почв // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 1998. – №1-2. – С. 49-53.
2. Чуйко И.С., Волик Б.А., Колбасин В.А. Обоснование конструктивных параметров V-образного орудия для чизелевания почвы./ «Проблеми та перспективи розвитку аграрної механіки»// Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2004. – С. 29-33.
3. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / Днепропетр. гос. агр. ун-т.- Днепропетровск, 1999. – 140 с.
4. Ґрунтообробний робочий орган. Позитивне рішення за заявкою на деклараційний патент на корисну модель UA № 200603632 МПК A01B 13/08 /Шмат С.І., Воротнюк В.В., Златопольський Ф.Й, Семенов А.В./
5. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971 - 360 с.

В работе предлагается методика аналитического определения качества обработки почвы, которая может быть использована на проектом этапе создания почвообрабатывающих орудий.

In work the technique of analytical definition of quality of processing of ground which may be used at a design stage of creation of soil-cultivating instruments is offered.

Одержано 30.10.06