

УДК 631.316.022

М.М. Петренко, проф., канд. техн. наук, Т.К. Марченко, асп.
Кіровоградський національний технічний університет

Вплив параметрів ярусного розпушувача ґрунту на форму стінок борозни

В статті розглянуто вплив параметрів ярусного розпушувача ґрунту на форму стінок борозни. Приведено формули для розрахунку розмірів зони кришення. Отримані результати розрахунків виходу зони кришення за край ножа.

формування стінок борозни, ярусний розпушувач ґрунту, розміри зони кришення

Н.Н. Петренко, Т.К. Марченко
Кіровоградський національний технічний університет

Влияние параметров ярусного рыхлителя почвы на форму стенок борозды

В статье рассмотрено влияние параметров ярусного рыхлителя почвы на форму стенок борозды. Приведены формулы для расчета размеров зоны крошения. Полученные результаты расчетов выхода зони крошения за край ножа.

формування стінок борозди, ярусний рыхлитель почвы, розміри зони крошення

При використанні розпушувачів ґрунту одною з проблем є надлишкова дія на ґрунт суміжними робочими органами, що приводить до руйнування агрегатної структури ґрунту, особливо у поверхневому шарі ґрунту, що найбільш підпадає ерозії. Зменшення повторної дії на ґрунт суміжними робочими органами можна досягти мінімізацією перекриття суміжних борозен. Для цього слід вивчити закономірності формування стінок борозни під дією впливових факторів.

Дослідженням форми стінок борозни, отриманої у ґрунті під дією робочих органів розпушувачів займалися П.С. Короткевич, В.В. Агафонов, В.М. Іванов, Г.М. Дьяченко, В.І. Ветохін та інші вчені [1 - 4]. Дослідниками встановлено, що форма ліній зколювання ґрунту та стінок борозен, утворених робочими органами є криволінійною, а їх поверхні відповідають за формою зонам напружено-деформованого стану ґрунту.

При роботі ярусного плоскорізного розпушувача (рис. 1) збіжність ліній зколювання від попереднього верхнього і подальшого нижнього робочих органів в точці В забезпечується при певних властивостях ґрунту за глибиною, зокрема, підбором значень ширини захвату робочих органів b_i .

Як видно з рис. 1, форма поперечного перетину борозни закладається зонами кришення першого та другого за ходом розпушувача робочих органів. Розміри зон руйнуючої напруги менше відстаней, на які розповсюджуються напруги від деформаторів робочих органів в ґрунті і обмежуються ізобарами, відповідними межах міцності ґрунту. Умова кришення ґрунту згідно закону міцності Кулона-Мора

$$\sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 + c > [\tau],$$

де φ_2 – кут внутрішнього тертя ґрунту, град;

c – питоме зчеплення ґрунту, кПа;

$[\tau]$ – гранично допустима дотична напруга, кПа.

Тоді ознаку границі зони кришення можна записати як

$$\sigma_2 = \frac{[\tau] - c}{\operatorname{tg} \varphi_2}.$$

Відома закономірність зміни напруг у ґрунті в залежності від відстані до робочого органу [1]

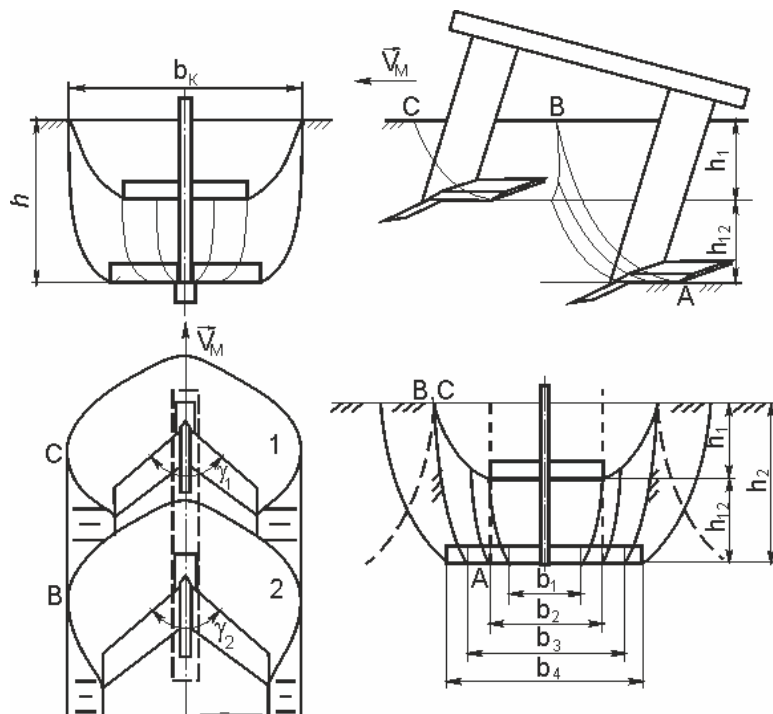


Рисунок 1 – Утворення борозни ярусним плоскорізним розпушувачем (1, 2 – зони кришення ґрунту першим та другим робочим органами)

$$\sigma = \sigma_K \cdot e^{m \cdot r}, \quad (1)$$

де σ_K – контактна напруга на поверхні деформатора, кПа;

m – коефіцієнт, який залежить від властивостей ґрунту;

r – відстань від поверхні деформатора до точки, м.

Після перетворення виразу (1) і підстановки замість σ граничного значення напруги σ_r можна оцінити розмір зони кришення перед деформатором наступним чином

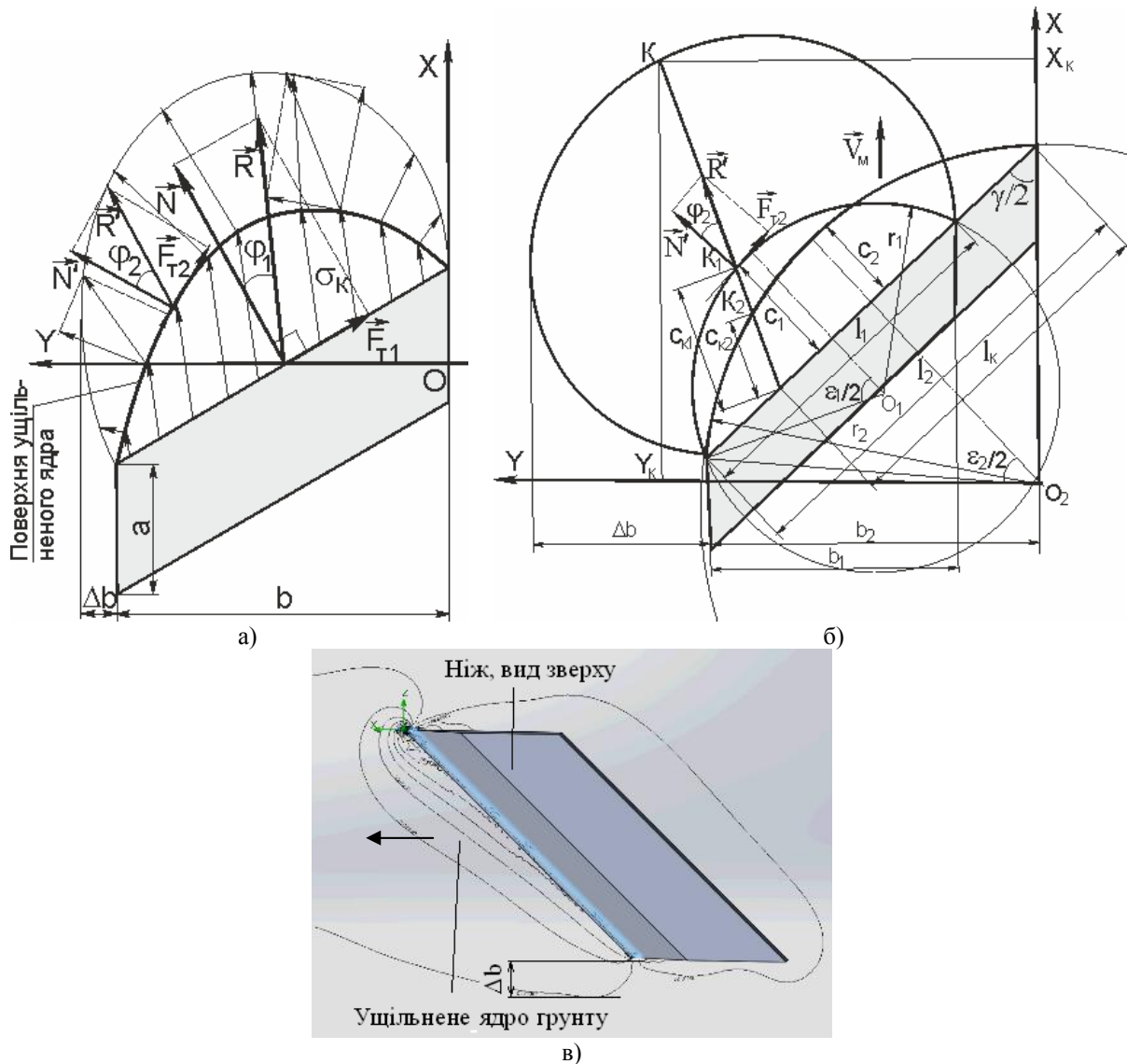
$$r = \frac{\ln\left(\frac{\sigma_r}{\sigma_K}\right)}{m}. \quad (2)$$

При збільшенні ширини захвату ножів поширюється профіль борозни. Розглянемо варіанти співвідношення розмірів ярусно встановлених, послідовно працюючих робочих органів (рис. 1): b_1 - стінки борозни похилі, подвійна дія на ґрунт у верхньому ярусі, необроблені проміжки - в нижньому; b_2 - стінки борозни у верхньому ярусі похилі, подвійна дія на ґрунт у верхньому ярусі; b_3 - стінки борозни близькі до прямовисних, подвійна дія на ґрунт мінімальна; b_4 - стінки борозни похилі, перекриття борозен і подвійна дія на ґрунт у верхній частині і необроблені гребені в нижній частині смуги обробки. Таким чином, ширину захвату b_3 нижнім робочим органом можна вважати оптимальною. При установці робочих органів в три яруси, задача визначення оптимальних параметрів робочого органу нижнього ярусу вирішуватиме-

ться аналогічно.

Контактні напруги розповсюджуються по поверхні ножа нерівномірно з максимальним значенням по центру ножа на лінії дії рівнодіючої сили R . На ножі під час фази наростання навантаження з'являється ядро з ущільненого ґрунту у вигляді сферичного сегмента, яке виступає в якості тіла-посередника при подальшій дії ножа на масив ґрунту (рис. 2) [5]. Товщина ущільненого ядра вздовж ножа залежить від розподілення напруг по поверхні та відповідає відстані розповсюдження пластичних деформацій від робочої поверхні.

Напруги стискування в напрямку від поверхні ножа до масиву ґрунту зменшуються за експотенційним законом (1). Поверхня ущільненого ядра є границею, на якій пластичні деформації переходять у пружні, вздовж неї утворюються поверхні ковзання. При подальшому проникненні ущільненого ядра у ґрунт на його поверхні діють сили тертя об суміжні шари. Ці фактори зумовлюють переломлення та відхилення розподілених сил $q\gamma$ від їх початкового напрямку та сферичне поширення зони кришення. На поверхні ущільненого ядра діють вторинні нормальні сили \vec{N}' та тертя ґрунту об ґрунт \vec{F}_{m2} з рівнодіючими \vec{R}' , які відхиляються на кут тертя φ_2 .



а) утворення вторинної ізобари; б) залежність бічного поширення зони кришення від ширини захвату ножа; в) форма ізобар навколо ножа, отримана у середовищі SolidWorks.

Рисунок 2 – Утворення зони кришення перед ножом

При збільшенні ширини захвату ножа b зростає площа контакту S_n та, пропорційно, потрібна результуюча сила $R = a \cdot b \cdot k_n$, де k_n – коефіцієнт питомого опору ґрунту, кПа. Очевидно, що при збільшенні ширини захвату ножа контактна напруга на ножі не змінюється: $\sigma_k = R / S_n = (a \cdot b \cdot k_n) / (a \cdot b) = k_n = \text{const}$, отже, залишається постійною площа перерізу ущільненого ядра.

Поверхня ущільненого ядра є приблизно сферичним сегментом, а його горизонтальний переріз – сегментом кола. Радіус кривизни поверхні ущільненого ядра (рис. 2, б)

$$r = \frac{c}{2} + \frac{l^2}{8 \cdot c},$$

де c – товщина ущільненого ядра по центру, м;

l – довжина леза ножа, м

$$l = \frac{b}{\sin \frac{\gamma}{2}}.$$

Кут нахилу дотичної до перетину ущільненого ядра у горизонтальній площині, за якою відбувається зсув суміжного шару ґрунту

$$\frac{\varepsilon}{2} = 2 \cdot \text{arctg} \frac{2 \cdot c}{l},$$

де ε – центральний кут дуги, описаної навколо горизонтального перерізу ущільненого ядра ґрунту, град.

Як видно із цих залежностей, із зростанням довжини ножа при збільшенні ширини захвату b зменшується кривизна поверхні ущільненого ядра та кут нахилу ліній зсуву. Поверхні епюри розподіленої сили qg та ущільненого ядра ґрунту із збільшенням ширини захвату b стають більш витягнутими і похилими (рис. 2, в). Це приводить до того, що діючі на поверхні ущільненого ядра сили випрямляються у бік руху робочого органу та до зменшення бічних поширень борозни Δb , що необхідно враховувати при підборі розміру ножів. При рівних контактних напругах, отже, рівних площах горизонтального перерізу ущільненого ядра $S_c = \text{const}$ визначимо кут напрямку сил на поверхні ущільненого ядра в залежності від довжини ножа з формули

$$S_c = \frac{l^2}{8 \cdot \sin^2 \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \left(\pi \cdot \frac{\varepsilon}{180^\circ} - \sin \varepsilon \right).$$

Із збільшенням ширини захвату b зменшуються контактні напруги на краю ножа пропорційно зменшенню товщини ущільненого ядра ґрунту на ножі. Товщина ядра у напрямку равнодіючої сили у точці К, віддаленій від місця кріплення ножа на відстань l_K становитиме

$$c_K = \frac{\sqrt{r^2 - \left(l_K - \frac{l}{2} \right)^2} - r \cdot \cos \frac{\varepsilon}{2}}{\cos \varphi_1}. \quad (2)$$

Кут між вторинною равнодіючою силою R' у точці К та віссю ОУ складає $(\varepsilon'_K + \varphi_2)$.

$$\varepsilon'_K = \frac{1}{2} \cdot (\varepsilon - \varepsilon_K), \quad (3)$$

де ε_K – центральний кут, що відповідає точці К на поверхні ущільненого ядра

$$\varepsilon_K = 2 \cdot \arcsin \frac{l_K - c_K \cdot \sin \varphi_1 - l/2}{r}.$$

Контактна напруга у точці К ущільненого ядра (рис. 2, б) становить

$$\sigma_K = \sigma_{K\max} \cdot \frac{c_K}{c},$$

де $\sigma_{K\max}$ – максимальна контактна напруга по центру ножа.

Розмір зони кришення знаходимо за формулою (2). Ширина зони кришення у точці, яка є проекцією точки К на ізобару σ_n у горизонтальній площині, що проходить через ріжучу кромку ножа

$$y_K = (l_K - c_K \cdot \sin \varphi_1) \cdot \sin \frac{\gamma}{2} + r_{3K} \cdot \cos(\varepsilon'_K + \varphi_2).$$

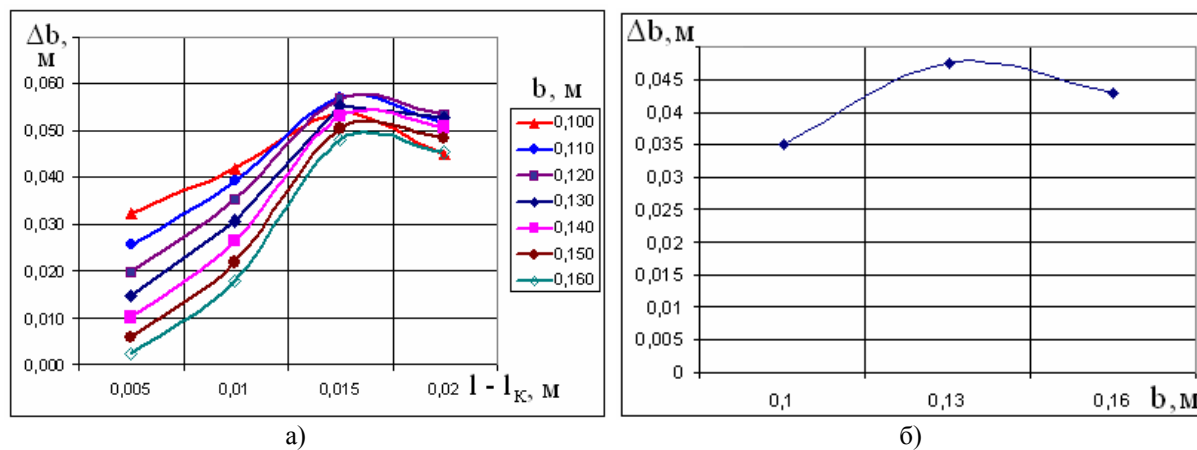
Протяжність зони кришення за напрямком руху у цій точці

$$x_K = (l - l_K - c_K \cdot \sin \varphi_1) \cdot \cos \frac{\gamma}{2} + r_{3K} \cdot \sin(\varepsilon'_K + \varphi_2).$$

Величина Δb виходу зони кришення за край ножа

$$\Delta b = y_K - b.$$

За розрахованими значеннями Δb побудовано сімейство кривих рис. 3, а.



а) за розрахунками; б) за експериментальними даними

Рисунок 3 – Величина виходу зони кришення вбік від ножа в залежності від ширини захвату

Отримані результати розрахунків для ножів з шириною захвату у діапазоні $b = 100 \dots 160$ мм показують, що найбільший вихід зони кришення за край ножа $\Delta b = 58$ мм отриманий при ширині захвату ножа $b = 120$ мм для даних ґрунтових умов ($m = -1.8$). Аналогічні результати були отримані за експериментами, проведеними для трьох рівнів $b = 100$ мм; 130 мм; 160 мм (рис. 3, б).

У подальших дослідженнях доцільно обґрунтувати співвідношення ширини

захвату ножів у верхньому та нижньому ярусах гряділя для досягнення збіжності їх поверхонь зколювання у бічному напрямку.

Список літератури

1. Короткевич П.С. Сопротивление почв резанию в зависимости от скорости движения и геометрии режущих рабочих органов: дис. канд. техн. наук. Киев, 1966. - 162 с.
2. Агафонов В.В., Устюжанин И.А. Математическая модель зоны деформации почвы рыхлительными лапами культиваторов / Наука и студенты: новые идеи и решения. Сборник материалов VIII-й внутривузовской научно-практической студенческой конференции; (Кемерово, 23 апреля 2009 г.); Кемеровский ГСХИ. – Кемерово: Информационно-издательский отдел, 2009.- С. 64-69.
3. Иванов В.М. Обоснование параметров и режимов работы рабочего органа для глубокой безотвальной обработки почвы в хмельниках : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01. / В.М. Иванов . - Чебоксари, 2004. – 20 с.
4. Дьяченко Г.Н., Мозговой Ю.И., Дьяченко А.Г., Соловьев С.Г. Обоснование функциональных возможностей и конструктивных особенностей многооперационного почвообрабатывающего агрегата. "Вестник ДГТУ" - Том 1.- №3(9).-2001.
5. Ветохин В.И. К теории почвообрабатывающего клина / В.И. Ветохин // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосп. машин: Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. – Кіровоград: КНТУ, 2011. Вип. 41, Ч.1. - С. 301-308.
6. Панов И.М. Физические основы механики почв: монография / И.М. Панов, В.И. Ветохин.- К.: Фенікс, 2008. - 266 с.

Nikolay Petrenko, Tatyana Marchenko

Kirovograd National Technical University

Effect of soil parameters tiered ripper to form the walls of furrow

The aim of the study is to reduce the impact on re-working of the soil adjacent working bodies of the ripper, which is achieved by minimizing the overlapping furrows.

The paper considers the influence of soil parameters tiered ripper to form the walls of the furrows, in particular, the dependence of the profile of the furrow from width knives. Given formulas to calculate the sizes of the zone crushing before knife working body. The results of calculations exit zone crushing away from the knife depending on the width, confirmed by experimental data.

The calculations for knives with cutting width in the range $b = 100 \dots 160$ mm show that the highest yield zone crushing the edge of a knife $\Delta b = 58$ mm obtained by the working width of the knife $b = 120$ mm for the given soil conditions.

forming the walls of the furrow, tiered ripper of the soil, the size of the zone crushing

Одержано 28.10.13