

УДК 631.4; 631.31

*Доц. В.Р. Білецький, канд. техн. наук;
доц. В.О. Шубенко, канд. техн. наук; інж. М.В. Іванюта;
доц. Я.Д. Ярош, канд. техн. наук – Житомирський національний
агроекологічний університет*

ВСТАНОВЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ КОТКІВ ГРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ

Встановлено діапазон раціональних значень діаметрів котків та їхньої ваги з огляду на дотримання агротехнологічних показників обробітку ґрунтового середовища. Розрахунки здійснено із використанням теорії напруженого стану.

Ключові слова: обробіток ґрунту, параметри, напружений стан.

Assoc. prof. V.R. Biletskiy; assoc. prof. V.O. Shubenko; eng. M.V. Ivanyuta; assoc. prof. Ya.D. Yarosh – Zhytomyr national agroecological university

Determination of soil aggregate compactor rational parameters

The diapason of rational values of compactor diameter and weight has been determined keeping to the soil environment cultivation agrotechnological indices. The calculations have been done in accordance with the theory of strained condition.

Keywords: Tillage, parameters, state of tension.

Постановка проблеми. У процесі виробництва продукції рослинництва провідне місце належить процесам обробітку ґрунту, тому поліпшення техніко-економічних та технологічних показників цих робіт є важливим питанням. Одним із напрямів енергозбереження в рослинництві є використання ґрунтообробних комбінованих агрегатів [8]. Ефективність використання комбінованих агрегатів значною мірою залежить від використання ущільнюючих елементів – котків [4, 5] Проте їхній вплив на руйнування ґрунтового середовища, з огляду на внутрішні дотичні та нормальні напруження, досліджено недостатньо.

Мета дослідження. Структура ґрунту неоднорідна за своєю будовою, складається з частин різного розміру і форми. Тому адекватність математичних моделей, що описують фізичну суть технологічних процесів подрібнення грудок дає змогу оптимізувати вибір конструктивних і технологічних параметрів ґрунтообробних машин, що створюються.

Вирішення цієї проблеми потребує математичного обґрунтування конструктивних параметрів котка та виведення математичної залежності ущільнення насінневого шару ґрунту від конструктивних параметрів планчастого котка.

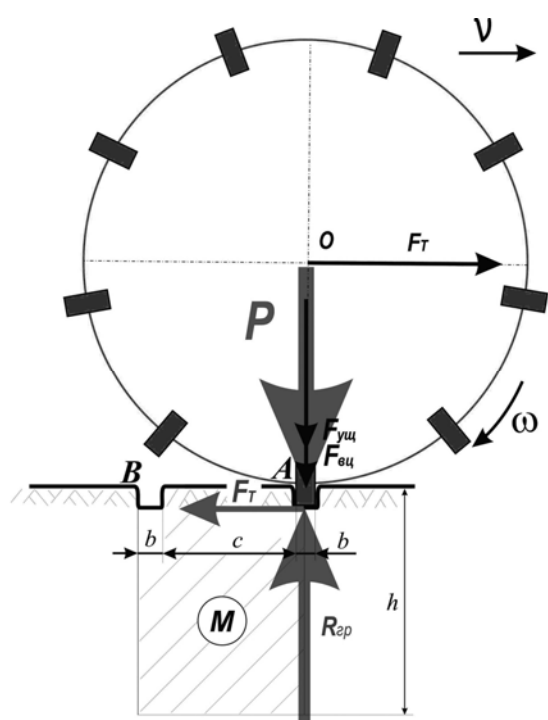


Рис. 1. Схема дії на ґрунт планчастого котка

Результати дослідження. На основі аналізу літературних джерел [6, 7] та враховуючи конструкцію розробленого ґрунтообробного котка [4] викладено аналітичний процес взаємодії робочої поверхні планчастого котка з поверхнею ґрунту.

Робочим органом є прямокутна планка, розташована по гвинтовій лінії відносно його осі. Планка здійснює обертотий рух від взаємодії з ґрунтом під час роботи агрегату відносно осі котка, на якому вона закріплена. Коток є пасивним робочим органом та приводиться в рух від взаємодії з ґрунтом під час руху агрегату по поверхні поля під час обробітку.

Для адекватної оцінки напруженого стану ґрунтового середовища, і в подальшому встановлення оптимальної щільності від взаємодії з планчастим котком, ущільнення необхідно розглядати

дію планки на ґрунтове середовище та аналізувати стан ґрунту як безпосе-

редньо під планками, так і в проміжку між ними. У разі встановлення двох та більше котків, необхідно аналогічним чином враховувати дію всіх робочих органів. При цьому потрібно визначити, як буде підвищуватись щільність ґрунтового середовища під кожним наступним котком.

Розглянемо площі контакту планок котка з поверхнею поля, як центри напружень. Під дією планки у ґрунті виникає напружений стан, який характеризується нормальними (стискаючими) σ та дотичними (тангенціальними) τ напруженнями.

Враховуючи, що:

$$\begin{cases} \sigma_{\max} \leq \sigma_{кр} \\ \tau_{\max} \leq \tau_{кр} \end{cases}, \quad (1)$$

необхідно визначити σ_{\max} та τ_{\max} в ґрунтовому напівпросторі, що знаходиться під суміжними планками (зона М на рис. 1) на глибину оброблюваного шару.

Результуюча сила тиску котка на ґрунт P (з рис. 1) матиме вигляд:

$$P = F_{yц} + F_{вц}; \quad (2)$$

або:

$$P = G + \frac{m_{пл} \cdot v^2}{R_{КТ}}; \quad (3)$$

де: G – вага котка, Н; $m_{пл}$ – вага однієї планки ґрунтообробного котка, Н; v^2 – лінійна швидкість руху котка по поверхні ґрунту м/с; $R_{КТ}$ – радіус котка, м.

Результуюча сила P спричинює зминання ґрунтового середовища, внаслідок дії якої у ґрунті виникає напружений стан, який буде залежати від конструктивних параметрів котка.

Для визначення максимальної маси котка та колового кроку планок s потрібно розв'язати задачу Фламана [2] Відповідно до обмежень [3, 7], які накладаються на ґрунтове середовище. Задачу можна сформулювати відповідно до взаємодії однієї планки котка з ґрунтом (рис. 2).

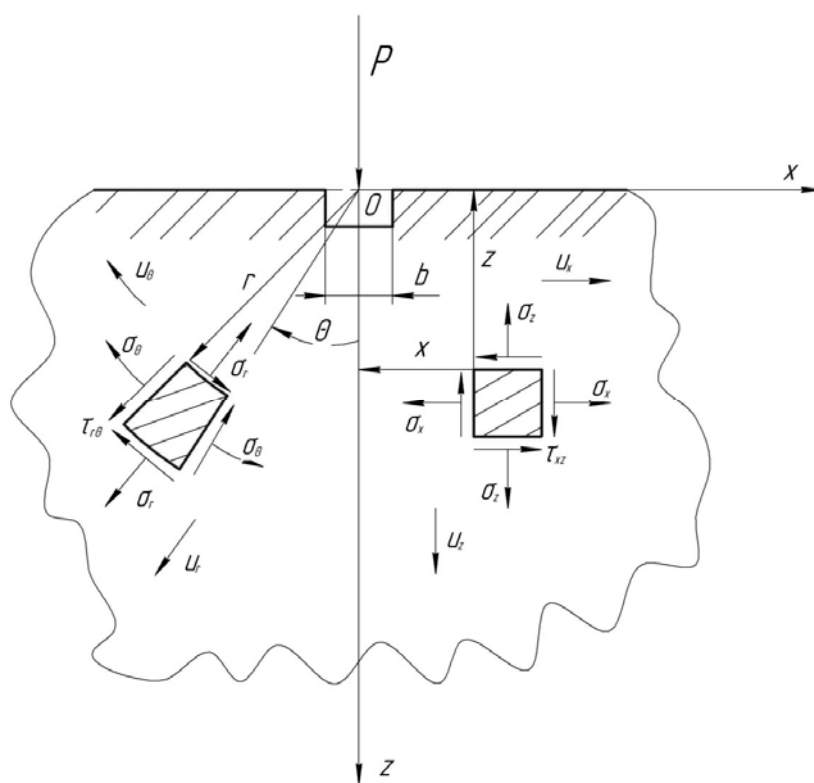


Рис. 2. Схематичний розподіл навантажень у ґрунтовому напівпросторі, спричинених робочою планкою котка в декартовій та полярній системах координат

З боку планки котка діє розподілене навантаження. Тому в поперечно-му перерізі епюри напруженого стану ґрунту одиничні навантаження необхідно замінити блоками розподілених навантажень з числом сил n в кожному (рис. 3).

Виходячи з принципу суперпозиції, будемо мати:

$$\begin{cases} x = 0; & z_1 = c; \\ z_2 = c + dc; \\ z_3 = c + 2dc; \\ \dots\dots\dots; \\ z_n = c + (n-1)dc. \end{cases} \quad (3)$$

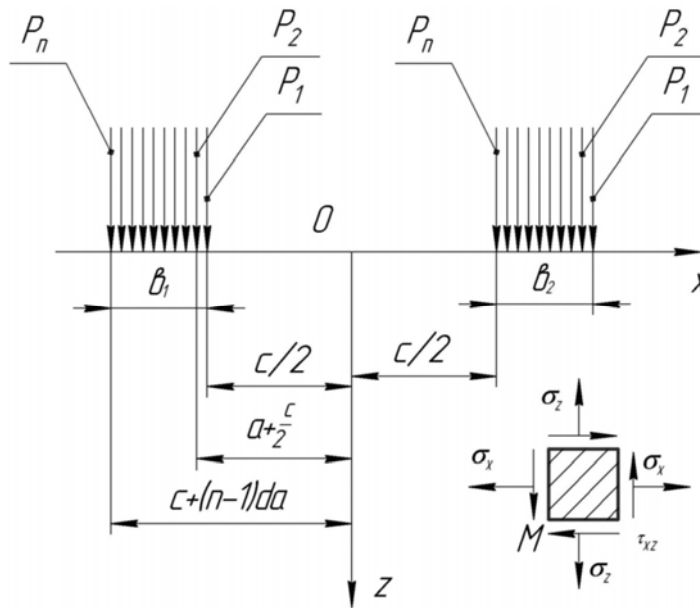


Рис. 3. Схема визначення напружень у ґрунтовому напівпросторі

Подальші перетворення дають змогу отримати математичну модель напруженого стану ґрунтового середовища при взаємодії з планками котка:

$$\begin{cases} \sigma_x = \frac{2P}{\pi} \left(\sum_{i=0}^n \frac{k_i x^3}{\left[x^2 + \left(z - \frac{c}{2} - ida \right)^2 \right]^2} + \sum_{i=0}^n \frac{k_i x^3}{\left[x^2 + \left(z + \frac{c}{2} + ida \right)^2 \right]^2} \right); \\ \sigma_z = \frac{2P}{\pi} \left(\sum_{i=0}^n \frac{k_i x \left(-z - \frac{c}{2} - ida \right)^2}{\left[x^2 + \left(z - \frac{c}{2} - ida \right)^2 \right]^2} + \sum_{i=0}^n \frac{k_i x \left(z + \frac{c}{2} + ida \right)^2}{\left[x^2 + \left(z + \frac{c}{2} + ida \right)^2 \right]^2} \right); \\ \tau_{xz} = \frac{2P}{\pi} \left(\sum_{i=0}^n \frac{k_i x^2 \left(z - \frac{c}{2} - ida \right)}{\left[x^2 + \left(z - \frac{c}{2} - ida \right)^2 \right]^2} + \sum_{i=0}^n \frac{k_i x^2 \left(z + \frac{c}{2} + ida \right)}{\left[x^2 + \left(z + \frac{c}{2} + ida \right)^2 \right]^2} \right); \end{cases} \quad (4)$$

де n – кількість одиничних сил у блоці розподіленого навантаження;

$$n = \frac{b}{da_i}, \quad (5)$$

де: b – ширина ділянки, до якої прикладене розподілене навантаження, м; k_i – коефіцієнт пропорційності, що визначається із формули:

$$k_i = \frac{P_{MAX}}{P_n b}, \quad (6)$$

де: P_{MAX} – максимальна результуюча сила тиску котка на ґрунт, Н; P_n – одинична сила, Н.

Згідно з [3] можна записати, що

$$\begin{cases} \sigma = \sigma_x + \sigma_z; \\ \tau = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2}. \end{cases} \quad (7)$$

Маючи рівняння (4 та 2), можна здійснити модельно-імітаційний експеримент для дослідження напруженого стану ґрунту в насіннєвмісному шарі ґрунтового середовища.

Відповідно до [4, 7], регулюючи ступінь ущільнення, можна значно послабити дифузійне випаровування вологи за рахунок зниження кількості крупних некапілярних пор. Найнадійнішим засобом зниження внутрішньо-ґрунтового випаровування є ущільнення ґрунту до певної межі, яка експериментально встановлюється для кожного окремого типу ґрунту [2].

Встановивши обмеження на мінімально необхідну щільність ґрунту, потрібно визначити раціональний крок планок. Використаємо для цього математичну модель (4) та формулу (8), що характеризує максимально можливі значення напружень для чорнозему типового, за яких зберігається структурність ґрунтового середовища:

$$\begin{cases} \sigma < [\sigma] = 0,075 \text{ МПа}; \\ \tau < [\tau] = 0,021 \text{ МПа}. \end{cases} \quad (8)$$

Знаючи кількість планок (у пропонованому котку – 9), можемо встановити діапазон діаметрів.

Табл. Значення допустимих діаметрів та результуючих сил

Вага котка, Н	Діапазон діаметрів, мм
1600	200
1700	200...235
1800	200...270
1900	200...310
2000	200...370
2100	200...450
2200	200...500
2300	200...500
2400	220...500
2500	300...500

Розрахунки щільності ґрунту в шарі 40...60 мм після проходу котка можна зобразити також візуально – у вигляді поверхні (рис. 4):

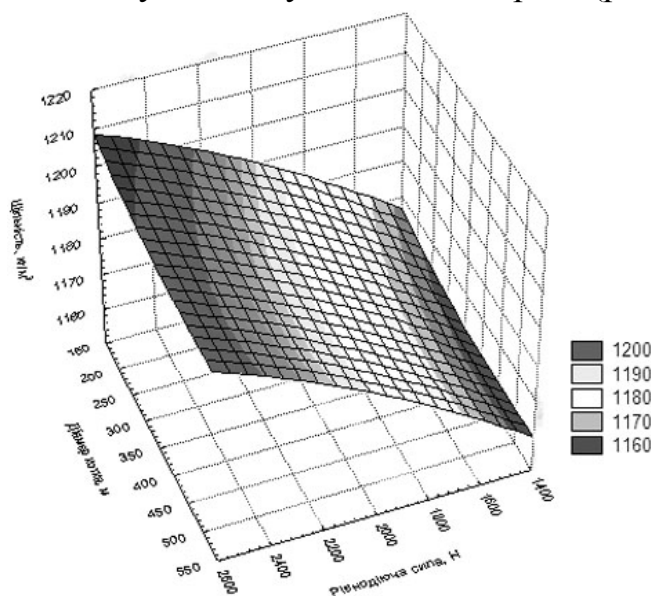


Рис. 4. Залежність щільності в поверхневому шарі ґрунту (0...2 см) від рівнодіючої сили та діаметра котка за початкової щільності 900 кг/м³

Аналіз поверхні дає змогу зробити висновок, що параметри котка, представлені в табл., забезпечують щільність поверхневого шару ґрунтового середовища в межах 1150...1200, що задовольняє агротехнічні умови. Оскільки щільності менші, ніж 1150 кг/м³, небажані з точки зору утримання ґрунтової вологи, то значення $\rho_0 = 900$ кг/м³ є мінімальним значенням щільності ґрунту до прикочування.

У випадку початкової щільності $\rho_0 = 1000$ кг/м³ значення щільності ρ буде змінюватись у межах 1250...1300 кг/м³ у поверхневому шарі ґрунту та 1200...1250 кг/м³ в насіннєвмісному. Таким чином, значення $\rho_0 = 1000$ кг/м³ є максимальним показником щільності перед прикочуванням, оскільки значення $\rho_0 > 1000$ кг/м³ призведуть до переущільнення поверхневого шару ґрунтового середовища під час подальшого обробітку.

Висновок. Параметри котка, наведені в табл., забезпечують потрібну щільність ґрунту у випадку початкової щільності $\rho_0 = 900...1000$ кг/м³ та дають змогу уникнути руйнування агрономічно цінної структури ґрунту, оскільки буде виконуватись умова (8).

Перспективи подальших досліджень. Подальші конструкційні та технологічні параметри (ширину планки b , конструкційний діаметр котка D_k , кут закручування планки α , ширину котка B_k) можна встановити за отриманими даними, враховуючи робочу швидкість ґрунтообробного агрегату v та з огляду на суцільність обробітку.

Література

1. Водяник И.И. Воздействие ходовых систем на почву (научные основы). – М. : Изд-во "Агропромиздат", 1990. – 172 с.
2. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. – М. : Изд-во литературы по строительству, 1971. – 368 с.

3. Шелудченко Б.А. Агромеханіка ґрунтів. – Житомир : Вид-во "Полісся", 1992. – 249 с.
 4. Іванюта М.В. Комбіновані ґрунтообробні агрегати та їх вплив на обробіток ґрунту // Науковий вісник НАУ : зб. наук. праць. – К. : Вид-во НАУ. – 2006. – Вип. 95, ч.2. – С. 374-379.
 5. Іванюта М.В. Мироненко В.Г. Мороз А.І. Перспективи розвитку сучасних комбінованих агрегатів // Науковий вісник НАУ : зб. наук. праць. – К. : Вид-во НАУ. – 2005. – Вип. 80, ч.1. – С. 76-79.
 6. Кулен А., Куиперис Х. Современная земледельческая механика : пер. с англ. А.Э. Габриэляна / под ред. и с предисл. Ю.А. Смирнова. – М. : Изд-во "Агропромиздат", 1986. – 349 с.
 7. Кушнарєв А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. – К. : Вид-во "Урожай", 1989. – 144 с.
 8. Сосновська О.О. Ярошенко П.П. Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень : навч. посібн. [для студ. ВНЗО 3-4 рівня акред.]. – К. : Вид-во НАУ. – 2005. – 256 с.
-