

- технологические аспекты развития и испытания новой техники и технологий для сельского хозяйства Украины. — 2008. — Вып. 11 (25). — С. 157–166.
3. *Справочник по нормированному кормлению сельскохозяйственных животных / Сост. и науч. ред. Г.Ф. Степурин.* — Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1986. — С. 291.
  4. *Лемешева М.М.* Годівля сільськогосподарської птиці. — Суми: Слобожанщина, 2003. — 152 с.
  5. *Патент України.* Св. № 32793 від 26.05.2008 р. Кліткове обладнання для утримання батьківського поголів'я курей-несучок. — Бюл. № 10.
- 

### **РАЗРАБОТКА КЛЕТОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ РОДИТЕЛЬСКОГО ПОГОЛОВЬЯ КУР-НЕСУШЕК С РАЗДЕЛЬНЫМ КОРМЛЕНИЕМ КУР И ПЕТУХОВ**

*На основе анализа информационных материалов международных выставок, результатов испытаний машин и оборудования для отрасли птицеводства, а также изученной литературы, что касается технологии кормления кур, создана модель оборудования для раздельного кормления кур родительского стада разных половых групп.*

#### **CELL UNIT MODEL FOR THE HENS-LAYERS OF PATERNAL HERD MAINTENANCE WITH SEPARATE FEEDING OF HENS AND COCKS**

*On the basis of analysis of international exhibitions informative materials, results of machine's and equipment tests for the poultry farming and also studied literature in the direction of chicken feeding for hens and the cocks separate feeding of paternal herd has been is made developed.*

УДК 631.3:631

### **ДО ТЕОРІЇ ВЗАЄМОДІЇ РОМБОВИДНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ З КРОТОВИНАМИ, МУРАШКОВИМИ КУПИНАМИ ТА СТЕРНЕЮ ПАСОВИЦА**

**Д.Д. Прокопенко**, докт. техн. наук,  
**Л.Д. Пйонтик**, канд. техн. наук

*ЗНДЦ ІАС ННЦ "ІМЕСГ"*

---

*В статті наведено теоретичні передумови створення нового робочого органу для догляду за поверхнею пасовища та обґрунтовано його параметри.*

---

© Д.Д. Прокопенко, Л.Д. Пйонтик.  
Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 94. 2010.

**Проблема.** Довготривале утримання природних пасовищ базується на виконанні системи заходів догляду за поверхнею, яка включає наступне: підбирання та видалення сміття, підкошення нестравлених решток, розтягування екскрементів тварин, кротовин та мурашкових купин. Якщо кротовини, купини не розтягувати, то пасовищна площа в перший рік зменшується на 4–6%, а на другий рік ця площа подвоюється. Крім того, на пасовищах, де лежить залишковий кал, трава випадає, а навколо ростуть рослини, які худоба не поїдає.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Спеціальних знарядь для догляду за поверхнею довготривалих пасовищ наша промисловість не випускала. Окремі майстерні, які раніше виробляли прості пристосування, не відповідають агротехнічним вимогам [1].

**Мета досліджень.** Розробити робочий орган для виконання комплексу операції з догляду за поверхнею пасовищ та методику оптимізації його конструктивних і технологічних параметрів.

**Результати досліджень.** Досліджено знаряддя для догляду за довготривалими природними пасовищами [2], яке складається з ромбовидних робочих органів, з'єднаних між собою гнучкими елементами, які розміщені на рамі в шаховому порядку. Зовнішні та внутрішні сторони ромба в поперечному перерізі утворюють з поверхнею стерні пасовища гострий кут 3–5°, а сторони з напрямком руху — кут  $90^\circ - \varphi$  ( $\varphi$  — кут тертя).

Під час руху такого робочого органу по поверхні пасовища передні сторони його пригинають та відгинають стебла трави (стерні) в сторони та в бік і, опираючись на них, рухаються на певній висоті, одночасно найжджаючи на кротовини, мурашкові купини та залишки тваринних екскрементів. При цьому частина підрізаної маси накопичується спереду ребра і надходить всередину ромба, де частково подрібнюється задніми ребрами ромба. Утворена таким чином мульча заповнює пониження на поверхні пасовища.

Технологія довготривалого утримання пасовищ високоврожайними передбачає, що весь комплекс робіт, пов'язаних з доглядом за природними пасовищами, проводиться систематично після кожного циклу стравлювання.

Як показали наші дослідження, тяговий опір ромбовидного робочого органу безпосередньо при розтягуванні купин, кротовин та залишків екскрементів є дуже незначний і складає по відношенню до стерні всього 5–7%. Тому в даному випадку розглядається взаємодія ромбовидного робочого органу з стернею пасовища.

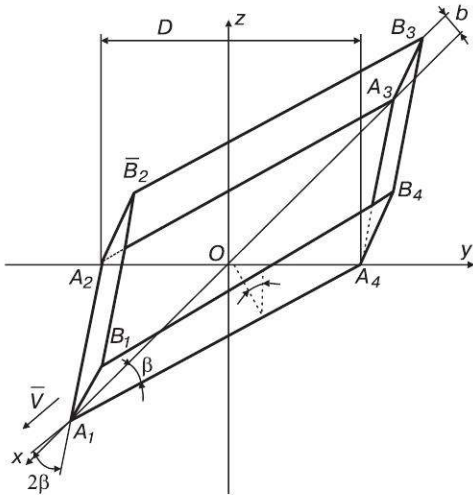


Рис. 1. Параметри ланки борони

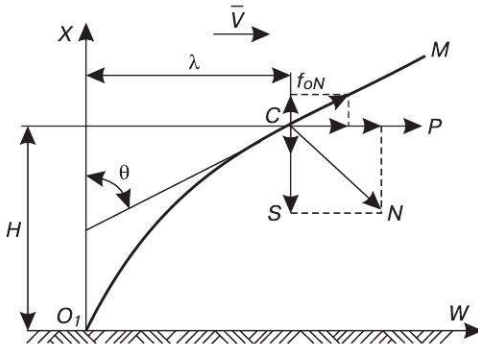


Рис. 2. Згин окремого стебла трави

Розглянемо взаємодію ланки борони з трав'яним покривом пасовища (рис. 1).

$D$  — ширина ланки;  $b$  — висота ланки;  $2\beta$  — кут між плечем ланки;  $\alpha$  — кут нахилу площини плечей ланки до горизонтальної площини.

При цьому використовується система координат  $OXYZ$ : центр  $O$  співпадає з центром нижнього контуру ланки  $A_1 A_2 A_3 A_4$ ; вісь  $Ox$  направлена горизонтально по напрямку руху  $\bar{V}$ ; вісь  $Oy$  — горизонтально вбік, вісь  $Oz$  — вертикально вгору.

Спочатку розглянемо взаємодію одного стебла з переднім ребром ромба (рис. 2).

Складова  $P$  — є поперечною силою, а складова  $S$  — повздовжньою. Загальний момент у будь-якому перерізі стебла на ділянці  $O, C$  запишеться як:

$$M_3(\chi) = P(H - \chi) + S[\lambda - w(\chi)], \quad (1)$$

де  $\chi$  — координата перерізу;  $\lambda$  — відгин стебла по висоті  $H$  (в перерізі  $C$ );  $w(\chi)$  — відгин стебла в перерізі з координатою  $\chi$  (рівняння ввігнутої осі стебла). З іншого боку зв'язком між рівнянням осі  $w(\chi)$  та згинальним моментом  $M_3(\chi)$ , коли мають місце великі прогини, задається точним диференціальним рівнянням зігнутої осі [3], яке з врахуванням виразу (1) запишеться у вигляді:

$$\frac{d^2 w(\chi)}{d\chi^2} \left/ \left( 1 + \left[ \frac{dw(\chi)}{d\chi} \right]^2 \right) \right. = \frac{N \left\{ (1 + f_0 \operatorname{tg} \theta) (\operatorname{tg} \theta - f_0) [\lambda - w(\chi)] \right\}}{EJ \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \theta}}, \quad (2)$$

де  $E$  — модуль деформації стебла трави;  $J$  — момент інерції поперечного перерізу стебла

$$J = \frac{\pi(d^4 - d_0^4)}{64},$$

$d, d_0$  — відповідно зовнішній і внутрішній діаметр стебла.

У рівнянні (2) відомими є лише  $H, \lambda$ , а невідомими, що підлягають визначенню  $N, w(\chi)$ , а також кут  $\theta$ , який залежить від рівняння зігнутої осі стебла  $w(\chi)$ .

Тому в такому випадку можливо тільки наближене розв'язання даного рівняння відносно  $N$  шляхом апроксимації рівняння зігнутої осі  $w(\chi)$ . Відомо [3, 4], що найбільш придатні для цього тригонометричні функції (синуса і косинуса), але при цьому повинні задовольнятися краєві умови при основі стебла  $O_1$  та в точці прикладення згинальної сили (рис. 2):

$$\begin{aligned} w(\chi) &= 0, \quad dw(\chi)/d\chi = 0 \quad \text{при } \chi = 0; \\ w(\chi) &= 1 \quad \text{при } \chi = H. \end{aligned}$$

Виходячи із сказаного рівняння зігнутої осі стебла, буде:

$$\lambda \left( 1 - \cos \frac{\pi \chi}{2H} \right).$$

Тепер рівняння (3) запишеться як:

$$\psi_1(\chi, H, \lambda) = N \psi_2(\chi, H, \lambda), \quad (3)$$

де

$$\begin{aligned} \psi_1(\chi, H, \lambda) &= \pi^2 \lambda \cos \frac{\pi \chi}{2H} \left/ \left[ 4H^2 \left( 1 + \frac{\pi^2 \lambda^2}{4H^2} \sin^2 \frac{\pi \chi}{2H} \right)^{3/2} \right] \right.; \\ \psi_2(\chi, H, \lambda) &= \left[ (1 + f_0 \operatorname{tg} \theta)(H - \chi) + \lambda (\operatorname{tg} \theta - f_0) \cos \frac{\pi \chi}{2H} \right] \left/ \left( EJ \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \theta} \right) \right.; \quad (4) \\ \operatorname{tg} \theta &= \frac{dw(\chi)}{d\chi} = \frac{\pi \lambda}{2H}. \end{aligned}$$

Оскільки вираз  $dw(\chi)$  знайдено не в результаті розв'язання рівняння (3), то фактично рівняння (4) не виконується ні при якому  $\chi$ , крім  $\chi = H$ . Тому величина  $N$  не може бути знайдена з рівняння, а повинна бути вирахована як така, що забезпечує найбільше наближення між лівою і правою частиною даного рівняння при будь-яких значеннях  $\chi$ .

Найбільш обґрунтованим критерієм наближення функцій є критерій Чебешева [5], за яким найбільша різниця між наближеними функціями

є мінімальною. Тобто в даному випадку  $N$  знаходиться як розв'язок мінімальної задачі

$$\min \max \left| \psi_1(\chi, H, \lambda) - N \psi_2(\chi, H, \lambda) \right|, \chi(0; H), \quad (5)$$

яке в даному випадку розв'язується чисельно.

Отже, знайшовши із (5)  $N$  за формулами (1) і (5), можна визначити сили  $P(H, \lambda)$  і  $S(H, \lambda)$ , необхідні для відгину трави (стерні) на відстань  $\lambda$ . В залежності від взаємного розташування стебел трави (стерні) і нижнього контуру ланки ромба величина відгину змінюється в межах від 0 до  $\lambda_0(H)$ . При цьому максимально можливий відгин стебла до згину на висоті  $H$  визначається з умови рівності довжини стебла до згину і довжини зігнутого стебла, коли згинальна сила прикладена.

$$H_1 = \int_0^H \sqrt{1 + \left[ \frac{dw(\chi)}{d\chi} \right]^2} d\chi \quad \text{при } \lambda = \lambda_0(H), \quad (6)$$

де  $H_1$  — довжина стебла до згину (висота стерні)

$$\frac{dw(\chi)}{d\chi} = \frac{\pi\lambda}{2H} \sin \frac{\pi\chi}{2H}.$$

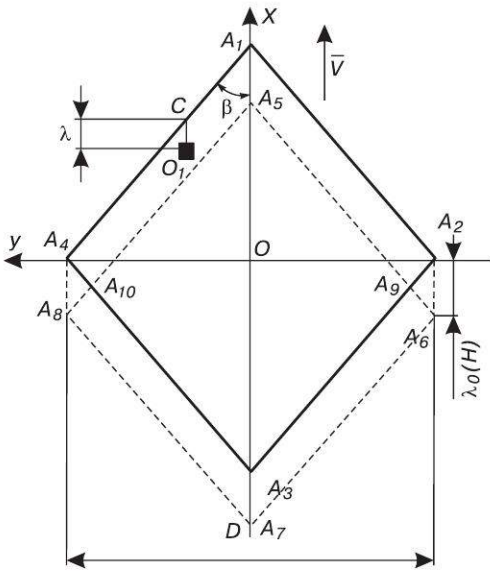


Рис. 3. Зони взаємодії ланки борони з трав'яним покривом

Величина  $\lambda_0(H)$  знаходиться внаслідок численого розв'язання трансцендентного рівняння (6).

Знаючи сили, що діють на окремі стебла та густоту травостою, можна визначити сили, прикладені до ланки ромбовидного робочого органу борони. На рис. 3 показані зони взаємодії нижнього контуру ланки  $A_1 A_2 A_3 A_4$  із трав'яним покривом. Передня частина контуру  $A_4 A_1 A_2$  відгинає всі стебла вперед, розташовані в зоні  $A_4 A_1 A_2 A_6 A_5 A_8 A_4$ , тобто ті стебла, які віддалені від переднього контуру назад на відстань не більшу за  $\lambda_0(H)$ .

Задня частина контуру  $A_4 A_3 A_2$  взаємодіє із стернею в зоні  $A_8 A_{10} A_3 A_9 A_6 A_7 A_8$ . Стебла трави розташовані на елементарній площині  $dx \cdot dy$  з центром в точці  $O_1(x, y)$  діють на контур ланки  $A_4 A_1$  в точці з  $C$  силами  $dP_1(H)$ ,  $dS_1(H)$  та моментом опору  $M_{y_1}(H)$ .

$$\begin{cases} dP_1(H) = mP[H, \lambda(x, y)] dx \cdot dy, \\ dS_1(H) = mS[H, \lambda(x, y)] dx \cdot dy, \\ dmy_1(H) = mS[H, \lambda(x, y)] \cdot \frac{D-2y}{2tg\beta} dx \cdot dy. \end{cases} \quad (7)$$

де  $m$  — густина травостою;

$$\lambda(x, y) = O_1C = [(D-2y)/2tg\beta] - x. \quad (8)$$

Інтегруючи вирази (7) із заміною  $x$  на  $\lambda$  відповідно до (8), отримаємо:

$$\begin{aligned} P_1(H) &= -mD \int_0^{\lambda_0(H)} P(H, \lambda) d\lambda; \\ S_1(H) &= mD \int_0^{\lambda_0(H)} S(H, \lambda) d\lambda; \\ M_{y_1}(H) &= (D/4tg\beta) S_1(H). \end{aligned} \quad (9)$$

Аналогічно знаходимо вирази для сил опору, прикладених до заднього контуру ланки. Для даного випадку інтегрування проводимо по зоні  $A_8 A_{10} A_3 A_9 A_6 A_7 A_8$  із змінною  $x$  на  $\lambda$  за формулою

$$\lambda(x, y) = O_2C_1 = \frac{2y-D}{2tg\beta} - x;$$

$$\begin{cases} P_2(H) = -2m \int_0^{D/2} \left[ \int_{\lambda_1(y)}^{\lambda_0(H)} P(H, \lambda) d\lambda \right] dy; \\ S_2(H) = \int_0^{D/2} \left[ \int_{\lambda_1(y)}^{\lambda_0(H)} S(H, \lambda) d\lambda \right] dy; \\ M_{y_2}(H) = \frac{m}{tg\beta} \int_0^{D/2} \left[ \int_{\lambda_1(y)}^{\lambda_0(H)} S(H, \lambda) d\lambda \right] (2y-D) dy, \end{cases} \quad (10)$$

де  $\lambda_1(y) = \max \left\{ \frac{2y - D}{2tg\beta} + \lambda_0(H); 0 \right\}$  інтеграли у виразах (9, 10) знаходяться чисельними методами.

Сумарний опір, прикладений з боку травостою до ланок паралелограма, буде:

$$\begin{cases} P_C(H) = P_1(H) + P_2(H); \\ S_C(H) = S_1(H) + S_2(H); \\ x_C(H) = M_{y_1}(H) + M_{y_2}(H); \\ y_C(H) = 0; \\ Z_C(H) = 0, \end{cases} \quad (11)$$

де  $x_C, y_C, z_C$  — координата центра прикладання опору.

Останні вирази дозволяють визначити опір травостою під час руху ланки ромба при висоті  $H$  над поверхнею травостою. А фактично це висота  $H_0$ , при якій вертикальна складова опору  $S_C$  дорівнює вазі ланки, тобто

$$S_C(H_0) = G. \quad (12)$$

Якщо задана  $H_0$ , як максимально допустима залишкової висоти купини, то з даної умови можна визначити мінімально необхідну вагу ланки. Якщо задана вага ланки, то з трансцендентного рівняння (12) можна визначити фактично висоту  $H_0$ .

Роботоздатність ромба характеризується відстанню, на яку розтягується ґрунт купин і екскременти. Розтягування здійснюється плечима ланки, поверхня яких являє собою тригранний клин з кутом  $\beta$  і кутом  $\alpha$ . Частина ґрунту (екскрементів) рухається по цій поверхні з абсолютною швидкістю, складові якої задаються рівняннями [6]:

$$\begin{aligned} V_X &= \frac{V}{\cos\varphi} \sin\gamma \cdot \sin(\gamma + \varphi); \\ V_Y &= \frac{V}{\cos\varphi} \sin\varepsilon \cdot \sin\gamma \cos(\gamma + \varphi); \\ V_Z &= \frac{V}{\cos\varphi} \cos\varepsilon \cdot \sin\gamma \cos(\gamma + \varphi), \end{aligned} \quad (13)$$

де  $V$  — поступальна швидкість ланки;  $\varphi$  — кут тертя ґрунту (екскрементів) по стерні;  $\sin\gamma = \sin\alpha \cdot \sin\beta$ ;  $tg\varepsilon = tg\alpha \cdot \cos\beta$ .

З аналізу виразів (13) випливає, що складові швидкості  $V_x$ ,  $V_z$  додатні лише за умови  $(\gamma + \varphi) < \pi/2$ .

Якщо ця умова не виконується, то частки ґрунту та калу переміщуються тільки вперед і нагромаджуються як перед передньою, так і перед задньою ланками ромба. Технологічний процес при цьому порушується. При виконанні вищезгаданої умови частинки (ґрунту, калу) піднімаються по поверхні спочатку передньої, а потім і задньої ланок і заповнюють блюдця.

На рис. 4 і 5 наведені розрахунки у вигляді графіків, які дозволяють обґрунтувати дані параметри робочого органу. Розрахунки виконувалися на персональному комп'ютері. Інтеграл (6, 9, 10) обчислювалися методом Гауса, а при розв'язанні мінімальної задачі виконувалися способом Ренеза [5].

На графіку рис. 4 наведені допустимі значення кутів атаки і різання. Як видно з графіка, при значенні кутів  $\alpha$  та  $\beta$ , які лежать на кривій, що відповідає значенню  $f_1$ , або вище кривої, ланки ромба переміщують ґрунт (екскременти) лише по напрямку руху, нагромаджуючи перед лобовим контуром. При кутах, значення яких знаходяться нижче кривої — переміщення часток має місце як в повздовжньому, так і в

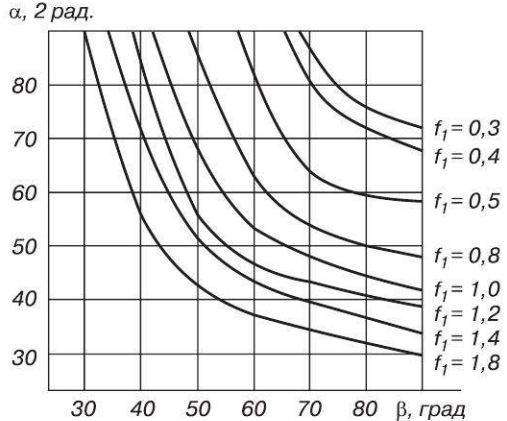


Рис. 4. Допустимі значення кутів атаки та різання в залежності від коефіцієнта тертя,  $\chi$

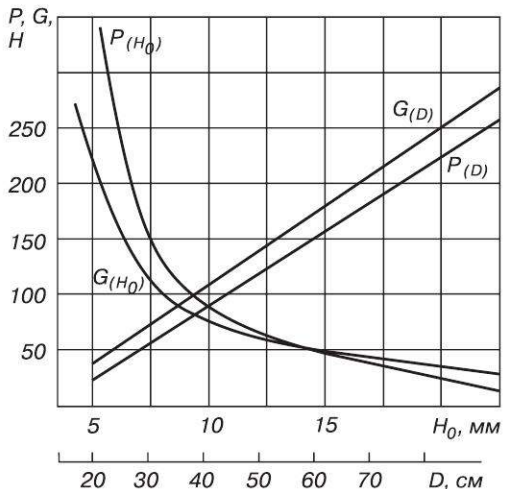


Рис. 5. Залежність тягового опору  $P$  та ваги ланки  $G$  від заданої залишкової висоти купини  $L_0$  та ширини ланки  $D$



поперечному напрямках. В даному випадку частки перевалюються через передні плечі і поступають всередину ромба і далі маса переміщується задніми ланками ромба рівномірно розподіляється по поверхні пасовища. Таким чином під кривою  $f_1$  знаходиться зона допустимих значень кутів  $\alpha$  і  $\beta$ .

Якість розтягування мурашкоподібних купин та кротовин залежить від висоти залишкової їх основи, яка згідно агротехнічних вимог не повинна перевищувати 3 см. Ця висота задається висотою руху ланки ромба по трав'яному покриву  $H_0$ , що залежить від ваги ромба  $G$  та тягового опору  $P$  (рис. 5).

Як видно з графіка (рис. 5), із збільшенням залишкової висоти, тяговий опір ромба та необхідна його вага зменшується.

**Висновки.** Виходячи з теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень, основні параметри ромбовидного робочого органу для розтягування мурашкоподібних купин, кротовин та залишків калу повинні бути такі: ширина захвату робочого органу —  $D=250\ldots300$  мм; кут атаки  $\beta=35\ldots50^\circ$ ; кут різання ланки робочого органу  $\alpha=30\ldots40^\circ$ ; висота ланки — 20–30 мм.

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Вайнруб В.И.* Механизация работ на культурных пастбищах. — М.: Колос, 1988. — 188 с.
2. *Деклараційний патент 67106А* Україна. Пристрій для розтягування купин гною та кротовин. Прокопенко Д.Д., Ясніков Г.К., Корзун В.І., Сажко Л.І., Пйонтик Ю. Л.
3. *Писаренко Г. С. и др.* Сопротивление материалов. — К.: Техника, 1967. — 792 с.
4. *Тимошенко С.П.* Курс теории упругости. — К.: Наук. думка, 1972. — 508 с.
5. *Лоран П.Ж.* Аппроксимация и оптимизация. — М.: Мир, 1975. — 496 с.
6. *Гячев Л.В.* Теория лемешно-отвальной поверхности. — Зерноград, 1961. — 318 с.

#### К ТЕОРИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОМБОВИДНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С КРОВОТИНАМИ, МУРАВЬИНЫМИ КОЧКАМИ И СТЕРНЕЙ ПАСТБИЩ

*В статье изложены теоретические предпосылки создания нового рабочего органа для поверхностного ухода за пастбищами и обоснованы его параметры.*

#### IN CONNECTION WITH THE THEORY OF INTERACTION OF THE ROMBUS — LIKE WORKING BODY/UNIT WITH MOLE, HILLS, ANT HILLS AND MOWN GRASS OF GRAZING FIELDS

*Taking into consideration theoretical accounting and the results of the research we have got the best — possible size (length and width) of the harrow.*