

Аналіз процесу роботи прикочуючих котків посівної секції просапної сівалки

В статті наведені результати аналізу роботи сучасних прикочуючих котків, з'ясовані їх недоліки та запропонована удосконалена конструкція прикочуючого котка посівної секції просапної сівалки, яка здатна забезпечити необхідні умови для швидкого проростання насіння цукрових буряків.

сприятливі умови проростання, розподілення полів напружень, прикочуючий коток

В процесі вирощування цукрових буряків швидкість сходів і їх рівномірність залежать не тільки від схожості насіння, а і від умов утворених для них робочими органами сільськогосподарських машин [1,2]. Згідно агротехнічних вимог до посіву цукрових буряків висіяне насіння повинно бути прикочене котком секції бурякової сівалки, причому щільність ґрунту по обидва боки від рядка в якому розміщене насіння повинна складати $1,1 - 1,2 \text{ г/см}^3$. Для можливості стрімкого вільного проростання рослин безпосередньо над насіниною повинен знаходитись неущільнений шар дрібно-грудкуватого ґрунту [3,4,5]. Прикочування покращує розподілення насіння по глибині, зменшує випаровування вологи і сприяє її підтягуванню із нижніх шарів ґрунту. Однак, вплив конструкції прикочуючого котка може здійснити значні зміни в умовах проростання насіння цукрових буряків. Про це також свідчить різноманітність виконання прикочуючих котків як вітчизняних так і зарубіжних виробників. Але сучасні конструкції прикочуючих котків секцій просапних сівалок вказані вимоги не виконують.

Експериментальні дослідження в роботі [6] підтверджують наявність полів напружень і деформацій внутрішнього ґрунтового масиву під дією ґрунтообробних машин, в результаті чого можна стверджувати, що характер їх розподілення є основною характеристикою процесу прикочування насіння цукрових буряків. Тому для виконання умов агротехніки необхідно, щоб профіль робочої поверхні прикочуючого котка міг забезпечити необхідну конфігурацію полів напружень і деформацій, які в свою чергу впливають на формування щільності ґрунту в місці залягання насіння.

Якість ущільнення ґрунту прикочуючим котком бурякової сівалки залежить передусім від деформативних властивостей як котка, так і ґрунту. Аналіз досліджень таких вчених, як Кушнар'ов А.С., Рожков П.Н., Бауков А.В., Чубарін М.І., Глуховський В.С., Кравченко В.І та ін. [7,8,9,10], які були проведені по визначенню закономірностей поведінки ґрунту при прикочуванні різними типами котків, показав, що основними факторами, які впливають на вказаний процес, є конструктивні особливості робочого органу та фізико – механічні властивості ґрунту. Але на сьогоднішній день не створено прикочуючого котка, який би в повній мірі задовольняв вимоги агротехніки до прикочування насіння цукрових буряків, тому необхідні додаткові дослідження по обґрунтуванню поверхонь прикочуючих котків.

Для математичного описання процесу взаємодії прикочуючого котка з ґрунтом та отримання картин розподілення полів напружень і деформацій можна використати методи механіки суцільного середовища. Дослідження в механіці суцільних середовищ показують, що гіпотеза суцільності не приводить до великих відхилень від результатів експериментальних досліджень. Тому ґрунт можна вважати суцільним квазіоднорідним

середовищем, поведінку якого під навантаженням визначає співвідношення напружень, деформацій та їх похідними за часом.

Для обґрунтування поперечного профілю вдосконаленого прикочуючого котка необхідно провести аналіз роботи серійних котків, які використовуються на сучасних секціях просапних сівалок з метою з'ясування відповідності їх роботи вимогам агротехніки. Найбільш прийнятним теоретичним методом для вирішення цієї задачі є використання основних інтегральних рівнянь контактної задачі теорії пружності [13]. За допомогою цих методів нами були отримані рівняння розподілення тиску та картини полів напружень (рис. 1) під робочими поверхнями серійних котків: ССТ-12В, УПС та Kuhn.

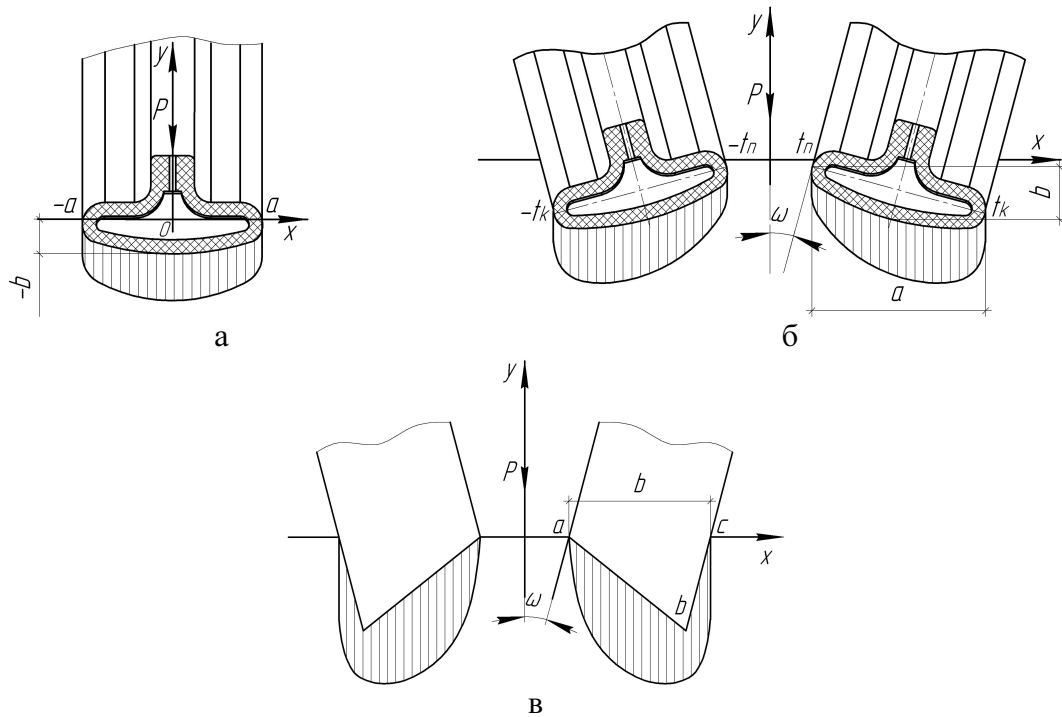


Рисунок 1 – Схеми розподілення полів напружень під серійними котками секцій просапних сівалок

Профіль котка ССТ – 12В (рис. 1. а) описується рівнянням:

$$f(x) = b - \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} . \quad (1)$$

Закон розподілення тиску під робочою поверхнею котка:

$$p(x) = \frac{C}{2\pi b^2 \theta_2} \sqrt{a^2 - x^2} , \quad (2)$$

де C - деяка стала;

θ_2 - деформаційна стала ґрунту;

b - глибина занурення котка;

a - півширина захвату прикочуючого котка;

x - текуча координата.

Профіль котка сівалки УПС (рис. 1. б) описується рівнянням:

$$\frac{(x \cos \omega - x_0 + y \sin \omega)^2}{a^2} + \frac{(-x \sin \omega - x_0 + y \cos \omega)^2}{b^2} = 1 , \quad (3)$$

де ω - кут розхилу котків;

x_0 - координата центру еліптичного профілю котка.

Закон розподілення тиску під робочою поверхнею котка:

$$p(x) = \frac{1}{\pi \sqrt{t_k^2 - x^2}} \left(P - \frac{1}{\pi} \int_{t_n}^{t_k} \frac{f'(t) dt}{t - x} \right), \quad (4)$$

де P - діюче навантаження.

Профіль котка сівалки Kuhn (рис. 1. в) описується рівнянням:

$$f(x) = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} (x - x_a) \Phi(x - x_a) + \frac{y_c - y_b}{x_c - x_b} (x - x_b) \Phi(x - x_b), \quad (5)$$

де Φ - функція Хевісайда;

x_a, y_a - координати початку дії профілю котка;

x_b, y_b - координати найнижчої точки профілю котка;

x_c, y_c - координати кінця профілю котка.

Закон розподілення тиску під робочою поверхнею котка:

$$p(x) = \sqrt{b^2 - x^2} \cdot \frac{y_b}{b - x_a} \cdot A, \quad (6)$$

де $A = \int_{x_a}^b \frac{dt}{\sqrt{b^2 - t^2}}$ - деяка постійна;

y_b - величина занурення профілю котка.

В результаті проведеного аналізу нами було з'ясовано, що жодна із наведених конструкцій не виконує в повній мірі вимоги агротехніки до прикочування насіння цукрових буряків.

Так, характер розподілення полів напружень під котком еліптичного профілю вказує на те, що максимальні напруження утворюються точно по вершині еліпсу профілю прикочуючого котка (рис. 1. а), що, в свою чергу, приводить до збільшення величини щільності ґрунту прямо над висіяним насінням. Такий розподіл негативно впливає на швидкість появи сходів, перешкоджаючи росту рослин.

Оскільки V – подібні котки мають таку конструкцію, що між сусідніми котками зберігається значна відстань, то, як видно з рис. 1. б, в максимальні деформації спостерігаються в основному по краях найбільшого занурення профілів котків в ґрунт. В результаті посередині рядка між прикочуючими котками спостерігається зона мінімальних напружень, що говорить про неуцільнену ділянку значної ширини яка набагато ширша за ширину рядка, в якому знаходиться насіння, що, в свою чергу, є відхиленням від вимог агротехніки до прикочування насіння цукрових буряків.

Для задоволення вимог агротехніки і усунення вказаних недоліків нами був розроблений теоретичний профіль вдосконаленого прикочуючого котка [11]. Робочий профіль вдосконаленого котка представляє собою складну криву, яка складається із двох простих елементів з плавним переходом по ширині захвату котка. Кожен елемент призначений для виконання визначеної функції. Оскільки над насінною повинен знаходитись неуцільнений шар ґрунту, то посередині ширини захвату котка виконується радіальна впадина. При аналізі роботи конусних котків [9] було з'ясовано, що при їх заглибленні максимальні напруження виникають на кінці конуса котка, плавно зменшуючись до поверхні ґрунту. Використовуючи конусний елемент, була утворена внутрішня конфігурація профілю котка, кінці конусної поверхні заокруглювались для більш плавного розподілу напружень в ґрунті. Оскільки в процесі експлуатації прикочуючих котків з металевим каркасом було виявлено ряд недоліків в їх роботі [12], то в процесі проектування конструкції нового робочого органу нами була надана перевага шині атмосферного тиску.

Запропонована форма котка вимагає розгляду випадку, коли контур котка в зоні контакту з ґрунтом обмежений відрізком прямої та дугою еліпса (рис. 2).

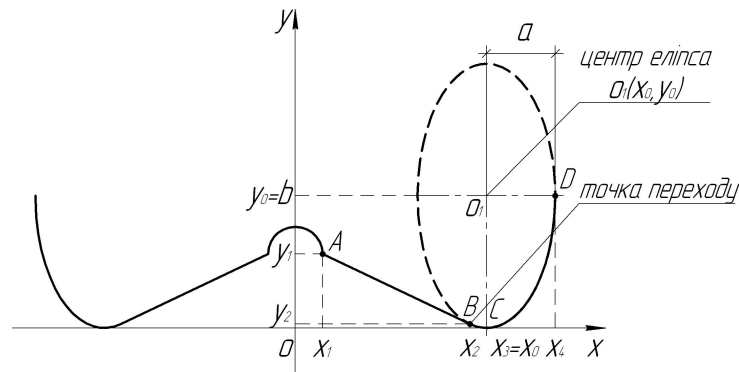


Рисунок 2 – Досліджуваний профіль котка

Профіль вдосконаленого котка просапної сівалки описується рівнянням:

$$f(x) = \left(y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \right) \Phi(x - x_1) + \left(y_0 - \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - (x - x_0)^2} \right) \Phi(x - x_2), \quad (7)$$

де y_0, x_0 - координати центру еліпса;

y_1, y_2 - координати висоти прямолінійної ділянки профілю;

x_1, x_2 - координати ширини прямолінійної ділянки профілю.

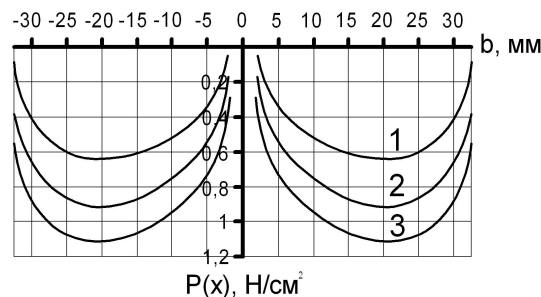
В результаті використання основних рівнянь контактної задачі теорії пружності [13] при $n \geq 2$ ділянках зміни x нами був отриманий закон розподілення тиску під робочою поверхнею вдосконаленого прикочуючого котка посівної секції:

$$p(x) = \frac{1}{\pi^2} \cdot \frac{1}{(x - x_2) \sqrt{(x - x_1)(x - x_4)}} \cdot \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sqrt{(t - x_1)(t - x_2)}}{t - x} dt + \frac{b}{a} \cdot \int_{x_2}^{x_4} \frac{\sqrt{(t - x_2)(t - x_4)}}{a^2 - (t - x_0)^2} \cdot \frac{dt}{t - x} - \pi p_x \right), \quad (8)$$

де x_4 - півширина захвату профілю прикочуючого котка;

t - прихований параметр ділянки контакту.

В прикладному пакеті Maple 10 нами були побудовані теоретичні картини розподілення полів напружень під прикочуючим котком експериментальної форми (рис. 3).



1,2,3 – відповідно навантаження на коток 100, 150, 200 Н

Рисунок 3 – Розподілення полів напружень під прикочуючим котком експериментальної форми

при $\mu = 0,15$ та $E_0 = 1 \cdot 10^6 \text{ Н/см}^2$:

З рис. 3 видно, що характер розподілення полів напружень під прикочуючим котком експериментальної форми відповідає прийнятій гіпотезі про вплив конструктивних елементів профілю робочого органа на якість виконання технологічного процесу.

Висновки:

1. 1. Аналіз процесу роботи серійних конструкцій прикочуючих котків бурякових сівалок показав, що їхня конструкція не в повній мірі задовольняє вимогам агротехніки до прикочування насіння цукрових буряків.

2. Теоретичні дослідження взаємодії прикочуючого котка з ґрунтом дали можливість спроектувати і дослідити нову конструкцію робочого органа, який би задовольняв вимогам до прикочування насіння цукрових буряків.

3. Встановлено, що характер розподілення полів напружень та деформацій під вдосконалим прикочуючим котком відповідає вимогам агротехніки і може забезпечити прикочування насіння з обох боків від борозни, залишаючи над насінням неуцілюваний шар дрібногрудкуватого ґрунту.

Список літератури

- 1 Гончарук Г.С. Якісна сівба цукрових буряків запорука високого врожаю // Цукрові буряки. – 2001. – №2. – С. 8-9.
- 2 Ковтун Ю.И. Почвенные условия всхожести семян // Сахарная свекла. – 1972. – №3. – С. 19-22.
- 3 Ковтун Ю.И. Исследование и разработка агротехнических основ создания и совершенствования свекловичных сеялок точного посева. Дис. ...канд. с.-х. наук: 05.538. – Харьков, 1970. – 174 с.
- 4 Глуховский В.С. Разработка научных основ технологии выращивания сахарной свеклы без затрат ручного труда на формировании густоты насаждения: Автореф. дис...д-ра сельхоз. наук: 06.01.14, 05.20.01 / ВНИС. – К., 1982. – 42 с.
- 5 Валовиков А.П. Исследование технологии заделки обычных и шлифованных семян сахарной свеклы при посеве: Автореф. дис...канд. сельхоз. наук: 05.538 / ВНИС. – К., 1971. – 19 с.
- 6 Деграф Г.А. Некоторые результаты исследований напряжений в почве // Вестник сельскохозяйственной науки. Алма-Ата, 1966. – № 10. – С. 87-89.
- 7 Кушнарев А.С., Кочев В.И. Механико – технологические основы обработки почвы. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.
- 8 Рожков П.Н., Бауков А.В., Кушнарев А.С. Обоснование поперечной формы гладких сельскохозяйственных катков. Республиканский межведомственный научно – технический сборник „Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин”, вып. 3. Издательство „Техніка”. Киев, 1973. – С. 18-22.
- 9 Чубарин М.И. Рассадопосадочные машины. М.: Машиностроение, 1972. – 208 с.
- 10 Кравченко В.И. Совершенствование механизма прикатывающих катков пропашной сеялки. // Тракторы и сельхозмашины. – 1990. - № 3. – С. 59-60.
- 11 Прикочуюче колесо сівалки: Пат. № 67554 А Україна, 7 А01В29/04 / Шмат С.І., Артеменко Д.Ю., Воротнюк В.В. (Україна); КДТУ. – № 2003109302; Заявл. 15.10.2003; Опубл. 15.06.2004, Бюл. № 6. – 3 с.
- 12 Платонов И.М. Оценка сеялок точного посева. // Тракторы и сельхозмашины. – 1975. – №7 – С. 20-23.
- 13 Штаерман И.Я. Контактная задача теории упругости. Гостехиздат. – М.: 1949. – С. 7-162.

В статье приводятся результаты анализа работы современных прикатывающих катков, определены их недостатки и предложена усовершенствованная конструкция прикатывающего катка посевной секции пропашной сеялки, которая способна обеспечить необходимые условия для быстрого прорастания семян сахарной свеклы.

In work results of the analysis of modern rolls work are resulted, their lacks are determined and the advanced design of a roll of sowing section of a seeder for beet which is capable to provide necessary conditions for fast germination of sugar beet seeds is offered.

Одержано 21.11.06