

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ
МАШИНИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ

Випуск 18

Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ

Луцьк 2009

УДК 631.3.001

Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. - Вип. 18. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2009. – 546 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 12 від 28.05.2009 р.

У даний збірник включені статті з сільськогосподарської техніки. Наведені дослідження посівних та бурякозбиральних машин, машин і процесів збирання льону, добування сапропелю та сушіння сільськогосподарських матеріалів. Розглянуто і багато інших питань.

Матеріали статей рекомендовані до друку оргкомітетом Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в АПК».

Збірник розрахований на наукових працівників.

В настоящий сборник включены статьи по сельскохозяйственной технике. Приведены исследования посевных и свеклоуборочных машин, машин и процессов уборки льна, добычи сапропеля и сушки сельскохозяйственных материалов. Рассмотрены и многие другие вопросы.

Материалы статей рекомендованы к опубликованию оргкомитетом Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в АПК».

Сборник рассчитан на научных работников.

Редакційна колегія: д.т.н., проф., Заслужений діяч науки і техніки, акад. ІАУ Г.А. Хайліс (відповід. ред.), д.т.н., проф., акад. АІНУ В.В. Божидарнік, д.т.н., проф., член-кор. УААН В.М. Булгаков, д.т.н., проф., акад. ІАУ Б.М. Гевко, д.т.н., проф. Р.М. Рогатинський, д.т.н., проф. Р.Б. Гевко, д.т.н., проф. В.І. Шваб'юк, д.с-г.н., проф. М.Й. Шевчук, д.т.н., проф. В.Ф. Дідух (заст. відповід. ред.), к.т.н., доц. С.Ф. Юхимчук, к.т.н., доц. І.Є. Цизь (відповід. секретар), к.т.н., доц. М.М. Толстушко.

© Луцький національний технічний університет,
2009 (Свідоцтво про держреєстрацію ВЛ №165
від 08.07.2000 р.)

вологості трести необхідно застосовувати спеціальні заходи щодо консервації сировини.

Література

1. Яковцев Г.П., Храмцов В.Н. Сушильное оборудование в промышленности первичной обработки льна. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 41 с.

2. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лен и его комплексное использование. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.

Рецензент д.т.н., проф. М.І. Валько

УДК 631.331

А.І. Бойко д.т.н., М.О. Свірень, к.т.н., І.О.Лісовий
Кіровоградський національний технічний університет

ПЕРЕРІЗАННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК З ОБҐРУНТУВАННЯМ ФОРМИ РІЖУЧОГО ЕЛЕМЕНТА

В статті розглянуто перерізання рослинних решток з мінімальним зусиллям і направлення їх на бокові сторони борозни та обґрунтування раціональної форми ріжучого елемента при виконанні прямого посіву.

Постановка проблеми. В скрутний період економічної кризи актуальним та перспективним є перехід на технологію прямого посіву. Зацікавила дана технологія господарства економією витрат на нафтопродукти, меншими витратами праці та екологічністю [1]. На даному етапі за технологією прямого посіву працюють на Кіровоградщині такі господарства, як ПП “Агрофірма “МОГУТЕ” (с. Веселівка) Кіровоградського району, ТОВ “Згода” Новоукраїнського району, ТОВ “Вікторія Агро” Новомиргородського району та інші. Також в інших областях ТОВ “Шпола Агро-Індустрія” (с. Сигнаївка) Черкаської області, КСП “Дружба” Дніпропетровської області Сенельниковський район та інші.

Але при застосуванні даної технології виникають деякі труднощі, а саме в створенні передумов для прокладання борозни при прямому посіву в ґрунті, позбавлення борозни і сошника від забивання

рослинними рештками та початковою підготовкою ґрунту для покращення загортання насіння.

Аналіз останніх робіт. На основі проведеного аналізу робіт зв'язаних з прямим посівом [2, 3, 4, 5] науковців і ентузіастів, таких як Мордуховича А.І., Любушко Н.І., Бейкера С.Дж., Сакстона К.Е., Муртазіна Г.Р., Сисоліна П.В., Морозова І.В., Сала В.М., Шмата С.І., Марченка В.В., Пйонтика Ю.Л. та інших, що вони працюють над створенням робочих органів для прямого посіву з значним підвищенням якості виконання технологічного процесу роботи, шляхом забезпечення необхідного формування дна борозни, загортання насіння на заданій глибині в ущільненому ґрунті, забезпечення очистки сошника і борозни від рослинних решток.

Мета досліджень. Обґрунтувати раціональну форму ріжучого елемента для різання рослинних решток з мінімальним зусиллям і направленням їх на бокові сторони борозни.

Результати досліджень. Перерізання рослинних решток, є елементом підготовки поля для прокладання борозни і проведення прямого посіву. При цьому виконуються дві задачі: очищення зубчастого диска від рослинних решток і направлення їх на бокові сторони борозни.

Перерізання рослинних решток може відбуватися тільки після завершення стадії видалення і захвату з поверхні поля, тобто після повороту зубчастого диска на кут $\varphi_{вих}$ [6]. Враховуючи, що рослинні рештки представляють собою в'язко-пружний матеріал доцільно процес різання забезпечити таким чином, щоб він протікав з ковзаючою дією ножа. Задача ускладнюється тим, що її вирішення необхідно виконувати в рухомій системі координат, яка переміщається разом з сошником при сумісній активній дії зубчастого колеса і ножа, як протиріза.

Відомо, що спосіб різання матеріалів визначається кутом різання. Під кутом різання розуміється кут між вектором швидкості переміщення ріжучого робочого органу і дотичної до лінії, яка описує форму леза. Стосовно ріжучого органу, що розглядається де переміщення пов'язане з обертальним рухом зубів, а ніж закріплений нерухомо відносно сошника, кут різання утворюється вектором швидкості точки поверхні зуба і дотичною до кривої, що описує форму леза ріжучого елемента (ножа). На представленому рисунку 1 це буде кут α .

Для реалізації ковзаючого різання рослинних решток необхідно, щоб частинки перерізаемого матеріалу переміщувалися

уздовж леза ріжучого елемента. Це стає можливим коли між кутом різання і кутом тертя існує наступне співвідношення:

$$\operatorname{tg} \alpha \geq \operatorname{tg} x,$$

де x – кут тертя рослинних решток по матеріалу леза.

Так як:

$$\operatorname{tg} x = f,$$

де f – коефіцієнт тертя рослинних решток по матеріалу леза, то можна для ковзаючого різання записати:

$$\operatorname{tg} \alpha \geq f, \quad (1)$$

Таким чином, завдання даного дослідження зводиться до пошуку і визначення форми леза, в кожній точці якого, в зоні сектора різання (рис. 1.), виконувалась би умова (1).

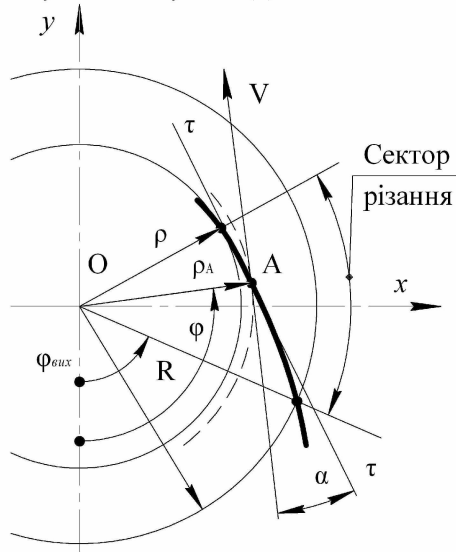


Рис. 1. Схема для визначення форми леза ріжучого елемента сошника

Для цього на першому етапі дослідження необхідно встановити вид рівняння, що описує вектор швидкості переміщення точки поверхні зуба, який транспортує рослинні рештки, а також рівняння дотичної до лінії, що описує форму леза ріжучого елемента.

На другому етапі необхідно визначити кут, під яким ці вектори пересікаються, і прирівняти цей кут до виконання умови (1).

На третьому етапі за відомим кутом пересічення вектора швидкості і дотичній необхідно визначити рівняння самої лінії, що

описує форму леза, яке в робочому секторі забезпечує ковзаюче різання рослинних решток.

Розглядаючи довільну точку A , яка одночасно належить площадці зуба, що переміщує рослинні рештки, і ріжучому елементу, рівняння радіуса цієї точки ρ_A в круговому русі можна записати:

$$y = k_1 \cdot x,$$

де $k_1 = \operatorname{tg} \varphi$.

Вектор швидкості точки A направлений перпендикулярно до радіуса, тому виходячи з загальних визначень величини кута Θ між прямими на площині [7], коли:

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{k_2 - k_1}{1 + k_2 \cdot k_1}, \quad (2)$$

де k_2 – визначаємий коефіцієнт тангенса кута нахилу вектора швидкості точки A , умовою перпендикулярності є:

$$1 + k_2 \cdot k_1 = 0.$$

Звідкіля:

$$k_2 = -\frac{1}{\operatorname{tg} \varphi_1}. \quad (3)$$

Тоді рівняння вектора швидкості в загальному вигляді можна записати:

$$y = k_2 \cdot x + l,$$

де l – постійна зміщення вектора швидкості вздовж осі y .

Виходячи з побудов представлених на (рис. 1.) величина постійної (l) дорівнює:

$$l = \rho_A \cdot \sin \varphi.$$

Тоді, підставивши значення коефіцієнту k і постійної l рівняння вектора швидкості буде мати у вигляді:

$$y = -\operatorname{ctg} \varphi \cdot x + \rho_A \cdot \sin \varphi.$$

Форму леза ріжучого елемента, що реалізує ковзаюче різання рослинних решток будемо шукати у вигляді лінії, загальне рівняння якої представляється у вигляді полінома другого ступеню:

$$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c, \quad (4)$$

де a , b , c – коефіцієнти, що впливають на положення лінії в площинні ріжучого елемента.

Дотична до лінії, що описує форму леза представляється рівнянням:

$$Y - y_A = \frac{dy}{dx} (X - x_A), \quad (5)$$

де x_A і y_A – координати вибраної довільної точки А;

X і Y – поточні координати точок дотичної;

$\frac{dy}{dx}$ – похідна, яка визначається для довільної точки А.

Як видно з рисунку 1 координати точки А визначаються:

$$\begin{aligned}x_A &= \rho_A \cdot \cos \varphi_A \\y_A &= \rho_A \cdot \sin \varphi_A\end{aligned}\quad (6)$$

Похідна від рівняння лінії форми леза визначається диференціюванням рівняння (4):

$$y' = \frac{dy}{dx} = 2ax + b. \quad (7)$$

Підставляючи складові з (6) і (7) в (5) маємо:

$$Y - \rho_A \cdot \sin \varphi_A = (2ax + b)(X - \rho_A \cdot \sin \varphi_A).$$

Далі підставляємо значення координати точки А в рівняння похідної:

$$Y - \rho_A \cdot \sin \varphi_A = (2a \cdot \rho_A \cdot \sin \varphi_A + b)(X - \rho_A \cdot \sin \varphi_A).$$

Після перетворень і спрощень коефіцієнт при невідомій x визначається як:

$$k_3 = 2a\rho_A \cdot \cos \varphi_A + b. \quad (8)$$

Виходячи з загальної формули (2) для визначення кута між двома прямими на площині, запишемо умову, при якій кут між вектором швидкості і дотичною до лінії форми леза буде зберігати постійне значення. Це кут, при якому відбувається ковзаюче різання рослинних решток:

$$\operatorname{tg} \Theta = \operatorname{tg} \alpha = \frac{k_3 - k_2}{1 + k_3 \cdot k_2}.$$

Підставляючи значення k_2 і k_3 з (3) і (8) можна записати:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2a\rho_A \cdot \cos \varphi_A + b + \operatorname{ctg} \varphi_A}{1 - 2a\rho_A \cdot \cos \varphi_A + b \cdot \operatorname{ctg} \varphi_A}.$$

Або враховуючи умову (1) маємо:

$$f \leq \frac{2a\rho_A \cdot \cos \varphi_A + b + \operatorname{ctg} \varphi_A}{1 - 2a\rho_A \cdot \cos \varphi_A + b \cdot \operatorname{ctg} \varphi_A}. \quad (9)$$

Як видно з отриманого виразу, в нього входять невідомі коефіцієнти a і b , а також значення поточного радіуса ρ_A і кута його повороту φ_A . Для встановлення величини постійних a і b використовуємо початкові умови, що витікають з граничних значень радіуса і кута його повороту на початку і в кінці фази різання рослинних решток. Так, початок різання може відбуватися після

завершення видалення решток, тобто при $\varphi \geq \varphi_{\text{вих}}$ (рис. 2.). При цьому радіус точки різання, що належить одночасно зубу і ріжучому елементу дорівнює $\rho=R$.

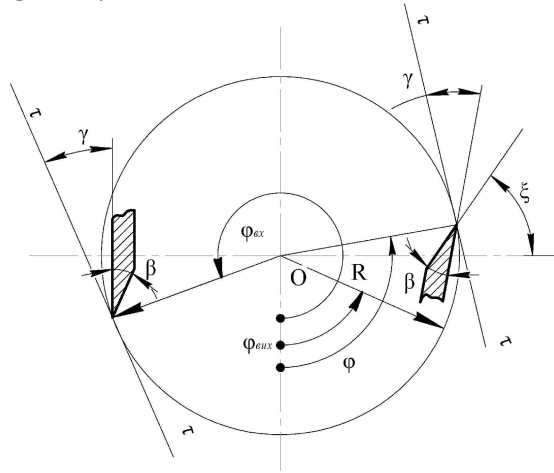


Рис. 2. Схема до визначення границь сектора різання

За кінець фази різання може бути прийняте положення радіуса повороту при якому рослинні рештки перестають утримуватись на поверхні зуба. Згідно схеми (рис. 2.) це стає можливим коли:

$$\xi \geq 180 - [(90 - \varphi) + \gamma + \beta].$$

Або:

$$\text{tg} \xi \geq \text{tg}(90 + \varphi - \gamma + \beta).$$

Звідкіля:

$$\text{tg} \xi \geq \text{ctg}(\varphi - \gamma - \beta).$$

Враховуючи, що:

$$\text{tg} \xi = f_1,$$

де f_1 – коефіцієнт тертя спокою рослинних решток матеріалом ріжучого елемента, маємо:

$$\varphi = \varphi_{\text{к.р.}} = \gamma - \beta - \text{arcctg} f_1. \quad (10)$$

Знак рівності в отриманому виразі (10) відображає фізичну сутність початку процесу переміщення решток на підставі того, що коефіцієнт тертя спокою більший за величиною чим коефіцієнт тертя руху ($f_1 > f$).

Якщо прийняти, що зубчастий диск радіусом ρ (рис. 3.) перекочується полем без ковзання, то глибина заглиблення буде дорівнювати:

$$R - \rho \leq h,$$

де R – радіус обертання кінця зуба зубчастого диска.

Чим менше різниця між $R - \rho$ і h , тим ближче до поверхні поля знаходиться утворююче коло траєкторії руху [6]. При його перекочуванні по поверхні поля маємо

$$R - \rho = h, \quad (11)$$

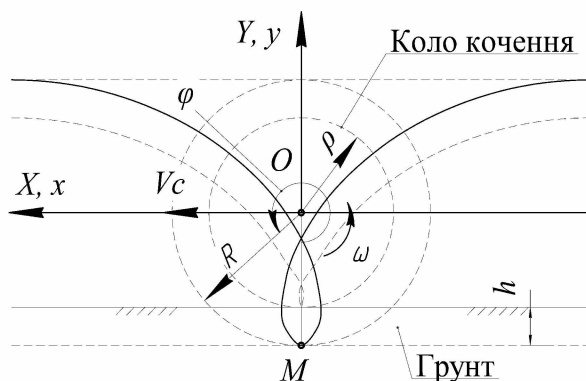


Рис. 3. Схема переміщення зубчастого диска-очисника сошника прямого посіву

Отриманому значенню кута повороту зубчастого диска, при якому процес різання повинен бути завершеним і починається рух відрізаних часток поживних решток по поверхні зуба, відповідає радіусу точки різання $\rho = \rho_0$. Тобто сектор різання обмежується поворотом на кут $\varphi_{кр.} - \varphi_{вих}$ і зміною радіусів $R - \rho_0$, що згідно (11) дорівнює глибині ходу зуба [6]. Таким чином, вся ширина шару рослинних решток, що захоплюється зубом повинна перерізатися лезом в межах змін радіуса точки різання від R до ρ_0

Виходячи з умови ковзаючого різання і параметрів процесу, для початку фази перерізання решток рівняння (9) можна записати:

$$\frac{2a(R-h) + b + \frac{R-h}{\sqrt{R^2 - (R-h)^2}}}{1 - 2a(R-h) \cdot b \cdot \frac{R-h}{\sqrt{R^2 - (R-h)^2}}} = f. \quad (12)$$

Отримане рівняння має в своєму складі дві невідомі – коефіцієнти a і b . Для їх визначення з початкових умов кінця фази різання підставимо параметри $\rho = \rho_0$ і значення кута φ з рівняння (10) в рівняння (9) та отримаємо:

$$\frac{2a\rho_0 \cdot \cos[\gamma - \beta - \text{arccctgf}] + b + \text{ctg}[\gamma - \beta - \text{arccctgf}]}{1 - 2a\rho_0 \cdot \cos[\gamma - \beta - \text{arccctgf}] + b \cdot \text{ctg}[\gamma - \beta - \text{arccctgf}]} = f. \quad (13)$$

Рівняння (13) доповнює (12) для однозначного визначення величин невідомих коефіцієнтів a і b . Сумісне їх рішення рівнянь дає величини, що в свою чергу входять в рівняння кривої, яка описує форму леза ріжучого елемента.

Рішення рівнянь (12) і (13) можливо різними методами. Аналітичний підхід при послідовній підстановці невідомих є складним і проблематичним для практичної реалізації. Простіше рівняння вирішуються чисельним методом з використанням ЕОМ або графічним при побудові відповідних залежностей.

Для реалізації графічного методу будуються залежності $a=f(b)$ для кожного із рівнянь. Пересічення графіків дає загальне рішення, що задовольняє як першому так і в другому рівнянню.

Отриманні вирази (12) і (13) можуть бути спрощенні введенням відповідних заміन:

$$\begin{aligned} A_1 &= 2a(R-h); \\ B_1 &= \frac{R-h}{\sqrt{R^2 - (R-h)^2}}; \\ A_2 &= 2a\rho_0 \cdot \cos[\gamma - \beta - \text{arccctgf}]; \\ B_2 &= \text{ctg}[\gamma - \beta - \text{arccctgf}]. \end{aligned}$$

Тоді система рівнянь, що вирішується для визначення коефіцієнтів a і b набуває вигляду:

$$\begin{cases} \frac{aA_1 + b + B_1}{1 - aA_1 + b \cdot B_1} = f. \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} \frac{aA_2 + b + B_2}{1 - aA_2 + b \cdot B_2} = f. \end{cases} \quad (15)$$

Звідкіля залежність між коефіцієнтами для кожного із рівнянь визначається наступним чином:

$$a = \frac{f - b_1 - B_1}{A_1(1 + b_1 \cdot B_1 \cdot f)}. \quad (16)$$

Графічна побудова залежностей згідно формули (16) для рівнянь системи представлено на рисунку 4. Графічне рішення не дає високої точності результату, однак для інженерних потреб може бути використано при практичному проектуванні ріжучих робочих органів. Більш точний результат може бути отриманий при використанні числових методів розрахунку реалізуємих на ЕОМ. Такий підхід вимагає відповідного програмування і рішення задачі в циклі підбору значень коефіцієнтів a_0 і b_0 , що відповідають сумісному рішенню.

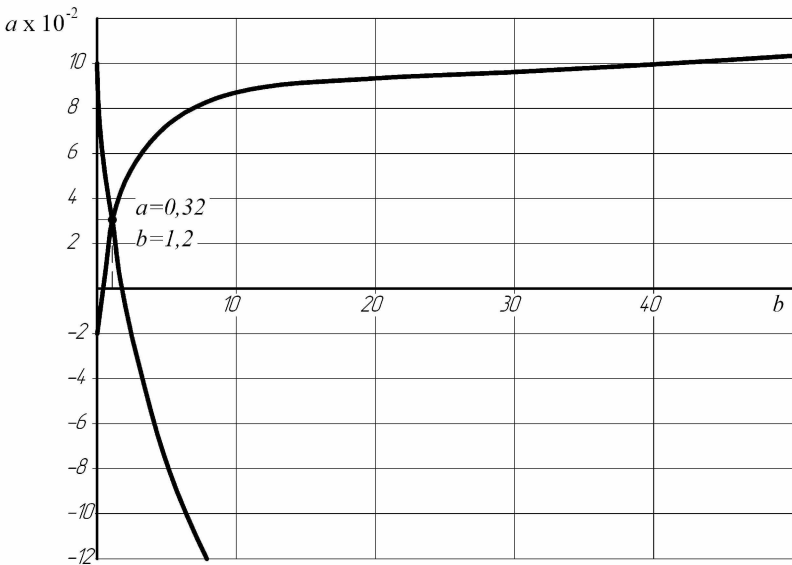


Рис. 4. Графічне рішення системи рівняння (14 і 15) при $R=150\text{мм}$; $h=50\text{мм}$; $\gamma=27^\circ$; $\beta=17^\circ$; $f=0,5$

Отримані значення коефіцієнтів підставляються в початкове рівняння (4) для визначення залежності, що описує форму леза:

$$y = a_0 \cdot x^2 + b_0 \cdot x + c_0.$$

Коефіцієнт c_0 визначається з умови коли $x=0$. Тоді $y = c_0$, і характеризує зміщення ріжучого елемента уздовж осі y . Це зміщення

може бути уточнено конструктивно виходячи з загальної компоновки конкретного зубчастого робочого органу сошника прямого посіву. Але необхідною умовою проектування робочого органу повинно бути те що фаза різання настає тільки після видалення і підводу рослинних решток до ріжучого елемента.

Проектування ріжучого елемента сошника прямого посіву ще в більшій мірі може бути спрощено при допущенні, що точка різання А (рис. 1.) переміщується поверхнею зуба з деякою постійною швидкістю, тобто її рух розглядається, як рівномірний. Тоді, сектор різання можна розділити на рівні дільниці кутового шага $\Delta\varphi$, а радіус на стільки ж дільниць зміни радіуса $\Delta\rho$ в межах від R до ρ_0 . В точках перетину кіл і радіусів будуються вектори швидкості V , під кутом α до яких встановлюються дотичні τ - τ . Сукупність дотичних визначає форму ріжучого робочого органу (рис. 5).

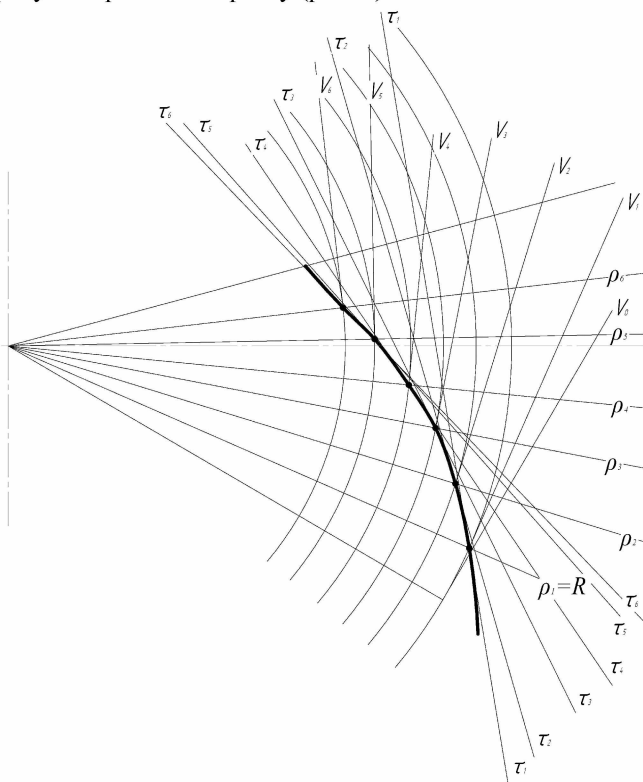


Рис. 5. Проектна форма ріжучого робочого органу

Висновки. Кращою формою ріжучого елемента прямого посіву сошника є така, що забезпечує ковзаюче різання рослинних решток і може бути отримана вирішенням рівнянь 14 і 15 чисельним або графоаналітичним методом при відповідних спрощеннях.

Література

1. Сисолін П.В., Свірень М.О., Лісовий І.О. Пряма сівба. Задачі і напрямки розвитку сошників для прямої сівби // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. „Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин”. - КНТУ, 2007. - Випуск 37. – С. 94 – 98.

2. Мордухович А. И. Прямой посев: достоинства, проблемы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1987. - №6. -С. 17-20.

3. С. Дж. Бейкер, К. Е. Сакстон и В. Р. Ритчи. Технология и посев. // Наука и практика. - Нью Йорк: CABI Publishing, 2002. – 263с.

4. П.В.Сисолін. Звичайні підходи по створенню універсальних вітчизняних сівалок для сівби зернових культур. - Кіровоград: КОД, 2008. – 84 с.

5. Муртазина Г.Р. Обоснование параметров дискового рабочего органа сеялки для прямого посева // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2008. - №5. – С. 4-5.

6. Лісовий І.О. Аналіз кінематики руху і обґрунтування конструктивних параметрів зубчастого диска-очисника для прямого посіву // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. „Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин”, - КНТУ, 2008. - Випуск 38. – С. 191-198.

7. Погорелов А.В. Аналитическая геометрия. - М.: Наука, 1978. – 208 с.