

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВЕРТИКАЛЬНОГО РОТОРА ФРЕЗИ

Мартишко В.М., кандидат технічних наук, доцент НУБіП України
Шатров Р.В., кандидат технічних наук, доцент НУБіП України

Проаналізовано деформації і переміщення ґрунту по поверхні ножа на основі теорії клину. Обґрунтовано деякі параметри ножа і вибір раціональної геометричної форми вертикального ротора фрези.

Одним найбільш трудомістких процесів в садівництві є обробіток міжстовбурних смуг. З огляду на зарубіжний і вітчизняний досвід досліджень і практики застосування робочих органів для обробітку міжстовбурних смуг в саду, найбільш доцільним є застосування активних робочих органів у вигляді фрез. На даний час, цей технологічний процес виконують як фрезами з горизонтальною віссю обертання, так і вертикальною.

Найбільш широке застосування в садівництві знайшли фрези горизонтальною віссю обертання. Основними недоліками, які стримують їх використання являються: порівняно мала продуктивність; висока енергоємність і надмірний розпил ґрунту.

Фрези вертикальною віссю обертання поширені менше, в нашій країні, взагалі, серійно не випускались. Їх перевагою являється: менша енергоємність і менший розпил ґрунту, дещо вища їх продуктивність.

Для обґрунтування параметрів ножа і вибору раціональної геометричної форми ротора розглянемо деформації і переміщення ґрунту на основі теорії клину.

При взаємодії плоского пасивного двогранного клина, яким є ніж фрези відносна швидкість V_v руху пласта по поверхні клину рівна швидкості різання V_p . Вектор абсолютної швидкості V'_a відхилений від нормалі N' до вектору V_p на кут $\frac{\beta}{2}$ в сторону напрямку руху (рис.1) і визначається

$$V'_a = 2V_p \sin \frac{\beta}{2}$$

де: β - кут різання.

Особливістю робочих органів вертикальної фрези є те, що на рух стружки по поверхні клину, який обертається навколо вертикальної вісі, впливає відцентрова сила інерції $F_{Ц}$. Ця сила обумовлює значне розкидання ґрунту і зміну його рельєфу.

При дії відцентрової сили можливі три випадки руху стружки: елемент стружки відстає від ножа і сходиться з нього з боку від задньої кромки; обходить ніж і сходиться з нього, з боку ріжучої кромки; нерухомий відносно ножа і обертається разом з ротором.

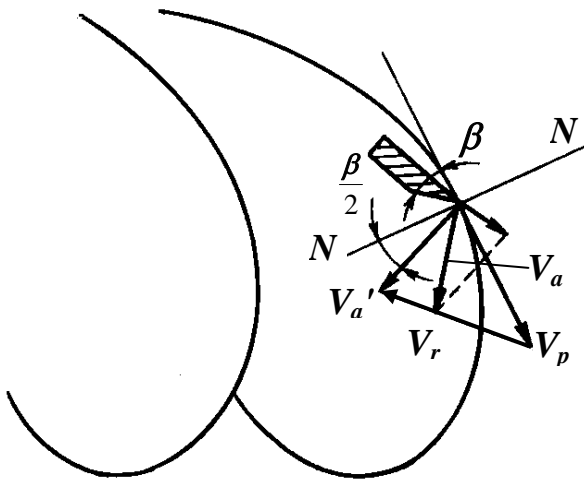


Рис.1 Схема взаємодії ножа з ґрунтом

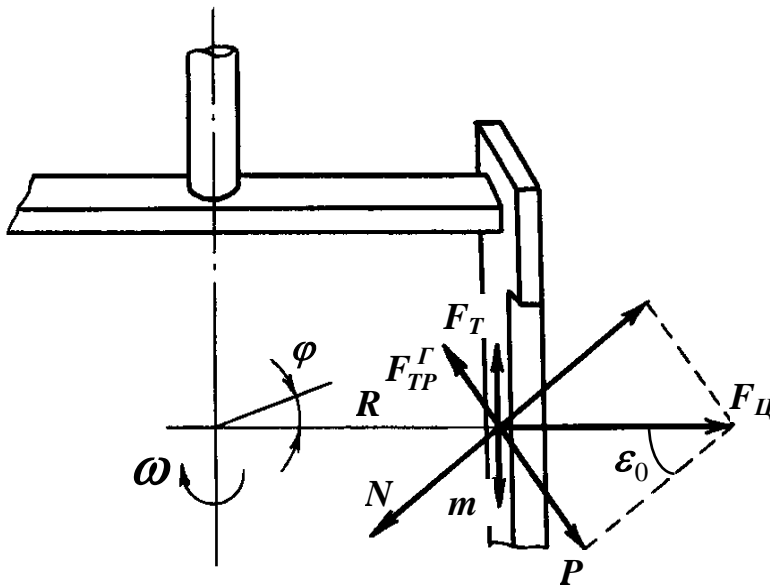


Рис.2 Схема сил, які діють на частинку

Аналізуючи вплив $F_{ц}$ на швидкість і напрямок переміщення частинки ґрунту приймаємо; що розміри останньої досить малі, в порівнянні з розмірами робочого органу, тому ними можна знехтувати, тобто частинка ґрунту являють собою матеріальну силу.

На рис.2 показані сили, які діють на частинку, яка знаходиться на ножі вертикально-роторної фрези: сила тяжіння mq ; відцентрова сила $F_{ц} = m\omega^2 R$; нормальна реакція N поверхні ножа і сила тертя fN .

Умови початку руху елемента стружки в сторону ріжучої кромки визначаються з нерівності:

$$P_e > F_{TP}^f$$

де: P_e - сила, яка втягує частинку в обертання;

F_{TP}^f - горизонтальна складова сила тертя.

Розглянемо значення P_e і F_{TP}^f згідно схеми рис.2

Тоді маємо:

$$m\omega^2 R \sin \varepsilon_0 > fm\omega^2 R \cos \varepsilon_0 \quad (1)$$

де: ε_0 - задній кут різання.

Для рівноваги елемента ґрунту в вертикальній площині необхідно:

$$fm\omega^2 R \cos \varepsilon_0 \geq mq \quad (2)$$

Перетворивши нерівність (1) у вигляді

$$\operatorname{tg} \varepsilon_0 > f \quad (3)$$

одержимо умову початку руху елемента стружки в сторону ріжучої кромки,

Якщо коефіцієнт тертя ґрунту по сталі в середньому складає $f = 0,5$, а $\varepsilon_0 = 25 \dots 45^\circ$ [1], то забезпечується умова нерівності (3)

Таким чином, при обробітку пристовбурних смуг вертикально-роторний робочий орган забезпечує відкидання в площині обертання при будь-якому куті повороту ротора φ . Вектор абсолютної швидкості частинки V_a відхиляється від вектора V'_a в сторону обертання. При цьому, як видно із рис.1 переміщення частинки буде направлено від вісі обертання, що обумовлює розкидання ґрунту вертикальним ротором.

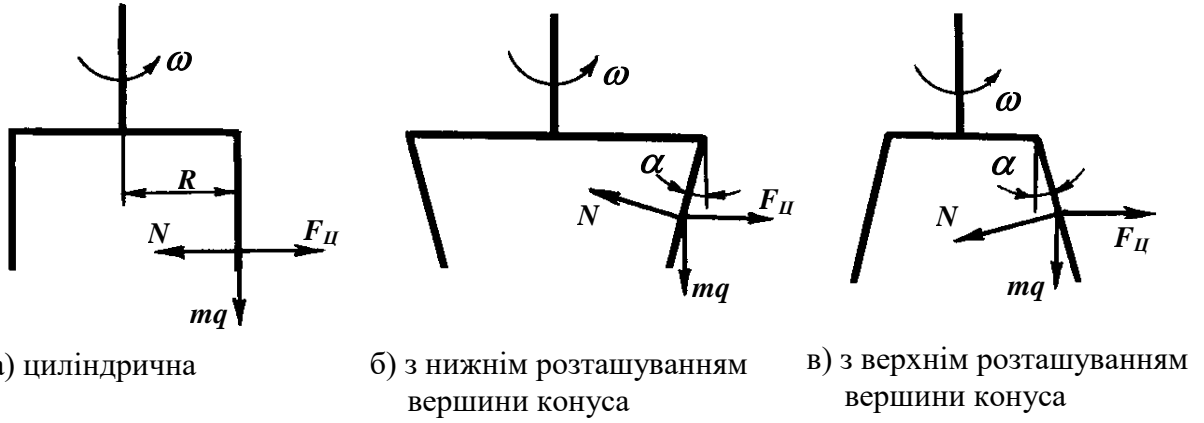


Рис.3 Схема до обґрунтування геометричної форми ротора

Розглянемо сили, які діють в вертикальній площині на частинку ґрунту, яка лежить на ножі, з врахуванням геометричної форми ротора.

На рис.3 показані три, які найбільш часто зустрічаються, геометричні форми роторів: циліндрична (ножі мають пряму вертикальну стійку) і конічні з верхнім і нижнім розташуванням вершини конуса (стійка ножа нахилена).

Розглянемо умову, коли сили, які діють на частинку ґрунту, зумовлюють рівновагу, або початок руху частинки вниз по стійці.

На основі силового аналізу запишемо:

а) циліндричний ротор

$$mq \geq F_{ц} f$$

б) конічний ротор з нижнім розташуванням вершини конуса

$$mq \cos \alpha \geq F_{ц} \sin \alpha + (F_{ц} \sin \alpha + mq \sin \alpha) f$$

в) конічний ротор з верхнім розташуванням вершини конуса

$$mq \cos \alpha + F_{ц} \sin \alpha \geq (F_{ц} \sin \alpha - mq \sin \alpha) f$$

Після перетворення маємо:

$$а) q \geq f \omega^2 R$$

$$б) q \geq \left(\frac{\sin \alpha + f \cos \alpha}{\cos \alpha - f \sin \alpha} \right) \omega^2 R$$

$$в) q \geq \left(\frac{f \cos \alpha - \sin \alpha}{\cos \alpha + f \sin \alpha} \right) \omega^2 R$$

Позначимо вираз, що стоїть в дужках через $f_{ум}$ - умовний коефіцієнт тертя, розрахуємо його чисельне значення при різних кутах α з врахуванням прийнятого значення коефіцієнта тертя $f = 0,5$

Як видно із таблиці 1. із збільшенням конусності ротора з нижнім розміщенням вершини конуса, умовний коефіцієнт тертя $f_{ум}$ зростає і завжди більший $f = 0,5$, тому можливо деяке переміщення частинок ґрунту вверх по стійці ножа, а отже залипання. Для ротора з верхнім розміщенням вершини конуса $f_{ум}$ стає від'ємним при куті α , який

перевищує кут тертя φ_{TP} (при $f = 0,5$; $\varphi_{TP} = 26^\circ$). При таких умовах дія відцентрової сили зумовлюватиме значне розкидання ґрунту.

Таблиця 1

Розрахункові значення $f_{ум}$ в залежності від величини кута α нахилу конуса

Ротор	Величина кута α , град			
	10	20	30	40
Конічний з нижнім розташуванням вершини конуса	0,62	1,06	1,51	2,31
Конічний з верхнім розташуванням вершини конуса	0,3	0,12	-0,06	-0,24

Доцільною формою вертикальної фрези для обробітку міжстовбурних смуг являється циліндричний ротор.

Найбільш якісне підрізання бур'янів забезпечує – L-подібний ніж фрези. Такий ніж встановлюють на ротор фрези відігнутою частиною до середини вісі обертання, або назовні. Очевидно, що при заданій ширині захвату буде більший на її довжину в порівнянні з L-подібним ножем вигнутим назовні. Враховуючи, що відцентрова сила зростає із збільшенням радіуса L-подібні ножі слід встановлювати відігнутою частиною назовні.

Список літератури

1. Синеоков Г.М., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. Н., «Машиностроение», 1977.
2. Мостовский В.Б. Результаты исследований рабочих органов вертикальных фрез.- В кн. Виноградарство и виноделие. Республиканский межведомственный темат. науч. сборник, Киев «Урожай»,1979.

Проанализировано деформации и перемещения почвы по поверхности ножа на основании теории клина. Обоснованно некоторые параметры ножа и выбор рациональной геометрической формы вертикального ротора фрезы.

Soil deformation and movement on the cutter surface according to the wedge theory is analyzed. Some cutter parameters and chose of rational geometric form for vertical milling rotor are substantiated.