

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗАГАЛЬНОЇ РЕАКЦІЇ РІЗАННЯ ГРУНТУ ПОВЕРХНЕЮ ДОВІЛЬНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

Семенюта А.М., інженер

Дочірнє підприємство "Гуляйпільський механічний завод,, "ВАТ Мотор Січ,,
Тел. (06145) 43351

Білокопитов О.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет.

Тел. (0619) 42-21-32

Волік Б.А., к.т.н.

Дніпропетровський державний аграрний університет.

Тел. (056) 7135192

Анотація – в роботі обґрунтовано і представлено загальну методику різання ґрунту поверхнею довільної геометричної форми, що дозволяє моделювати процес обробітку ґрунту під наперед задані якісні показники.

Ключові слова - моделювання, дисковий робочий орган, тяговий опір, механіко – технологічні властивості, прямолінійна утворююча, криволінійна напрямна.

Постановка проблеми. Аналізом відомих конструктивних рішень машин, в основі яких закладено робочі органи дискового типу, встановлено, що практично всі параметри даних машин відпрацьовувались експериментально і мають обмежену аналітичну основу. Причиною тому є складність аналізу та опису руху ґрунтового шару як по поверхні робочого органу, так і після сходу з нього.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що збільшення кута атаки дає можливість використовувати диск з більшою вгнутістю, тобто з меншим радіусом кривизни[1]. Радіус кривизни визначає інтенсивність розпушування і обертаючу спроможність робочого органу

Аналіз останніх досліджень. Відомо, що поверхня полиці плуга [2,3] утворена переміщенням у просторі прямолінійної утворюючої. Науковцями [4] запропоновано розглядати поверхню, яка утворена переміщенням у просторі криволінійної напрямної.

Постановка завдання. Метою даної роботи є розробка методики реакції різання ґрунту поверхнею утвореною переміщенням у просторі криволінійної напрямної, або в узагальненому вигляді поверх-

нею довільної геометричної форми під наперед задані показники якості його роботи.

Основна частина. Припущення, прийняті при моделюванні ґрунту.

Як впливає з наведеного, проблема полягає в визначенні питомого коефіцієнта різання ґрунту, яке створює робоча поверхня. У відповідності до [5] питомий коефіцієнт різання ґрунту визначається як відношення проекції на напрямок руху всіх діючих сил до площі поперечного перетину скиби. Діючі сили у свою чергу залежать від форми робочої поверхні, швидкості руху та механіко-технологічних властивостей ґрунту.

При моделюванні середовища нами прийняті такі припущення.

1. Ґрунт моделюється середовищем, що має внутрішнє тертя і питоми зчеплення, яке не залежить від зовнішнього тиску. Достатність даного допущення підтверджена [6,7]
2. Ґрунт анізотропний – механічні властивості починаючи з деякої глибини не залежать від напряму заміру. Експериментальними дослідженнями [8] встановлено, що для більшості грантів ця глибина становить 14 см.
3. Як показано [9] для тиску 0,3...0,5 МПа, а для ущільнених ґрунтів і до 0,7 МПа, залежність між деформацією і тиском можна вважати лінійною. Таким чином, для визначення діючих в модельному середовищі сил можна застосовувати теорію пружності.
4. Розгалуження тріщин (ліній сколювання) у ґрунті відбувається у поперечно-вертикальній площині – під кутом $\pi/2+\varphi_2$ до леза долота, у поперечно вертикальній площині – під кутом φ_2 до вертикалі, де φ_2 – кут внутрішнього тертя ґрунту [10,11]. Первинний напрямок розповсюдження тріщини є пріоритетним і у процесі розповсюдження не змінюється.
5. Питоме зчеплення часток ґрунту є інтегральним показником, який визначає інші механіко-технологічні властивості.

Розглянемо механізм взаємодії з оброблюваним середовищем робочої поверхні довільної форми. На рис.1. лінії АВ, ВС, СА – сліди перетину робочої поверхні з площинами координат. Напрямок руху співпадає з спрямуванням осі Х.

Приймаємо, що ділянка АВС нескінченно мала, що дає нам підставу вважати сліди прямолінійними.

Виріжемо на поверхні АВС нескінченно малу прямокутну площадку DEFG. Таку елементарну площадку можна розглядати як підпорну стінку, на яку діє сила

$$P = P_n + P_{Tr} + P_D, \quad (1)$$

де P_n – підпорний боковий тиск;

P_{Tr} – сила тертя;

РД – динамічна складова сил тиску.

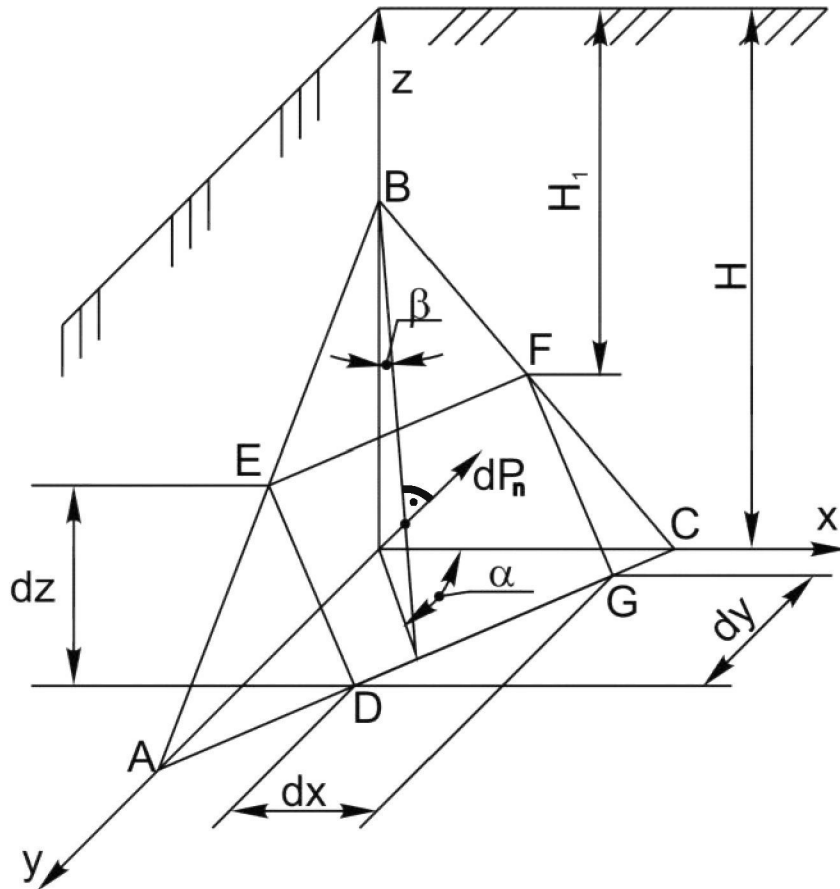


Рисунок 1 – Розрахункова схема взаємодії елементарної площадки з середовищем.

У відповідності до [12] для нескінченно малої площадки рівняння підпорної стінки прийме вид (обґрунтування можливості застосування рівняння підпорної стінки на робочих швидкостях землерийних та ґрунтообробних машин дано у роботах [10])

$$\begin{aligned}
 dP_n &= \frac{\gamma \cdot (H^2 - H_1^2)}{2} \cdot \left[\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}\right) + \operatorname{tg}\beta \right]^2 \cdot \cos \beta \cdot (DG) = \\
 &= \frac{\gamma \cdot (H + H_1) \cdot (H - H_1)}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}\right) + \operatorname{tg}\beta \right]^2 \cdot \cos \beta \cdot dy = \quad (2) \\
 &= \frac{\gamma \cdot (2 \cdot H + dz) \cdot dz}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}\right) + \operatorname{tg}\beta \right]^2 \cdot \cos \beta \cdot dy
 \end{aligned}$$

де $DG = dy / \cos \alpha$;

$H - H_1 = dz$;

γ – питома вага ґрунту;

β – кут постановки площадки до вертикалі;

H, H_1 – відповідно глибина розташування нижнього та верхнього обрізів площадки.

Зважаючи на малість величини dz з достатнім ступенем точності можна прийняти

$$dP_n = \frac{\gamma \cdot H}{\cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta \cdot dy \cdot dz \quad (3)$$

що надає можливість перейти до єдиної форми запису диференціальних рівнянь.

Динамічну складову визначаємо за формулою [13]

$$dP_D = b \cdot a \cdot \gamma \cdot \frac{\sin \alpha_P \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_P + \theta)} \cdot V^2 = \gamma \cdot \frac{\sin \alpha_P \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_P + \theta)} \cdot V^2 \cdot dy \cdot dz, \quad (4)$$

де a, b – відповідно висота і ширина площадки;

α_P – кут різання;

θ – задній кут;

V – швидкість руху.

Рівняння (4) справедливе для швидкості руху до 2,5 м/с. З урахуванням того, що методика пропонується для знарядь основного обробітку ґрунту, такий діапазон швидкості можна вважати задовільним.

Сумарний тиск, направлений по нормалі до площадки

$$dP_\Sigma = \gamma \cdot \left\{ \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta + \frac{\sin \alpha_P \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_P + \theta)} \cdot V^2 \right\} \cdot dy \cdot dz \quad (5)$$

З розрахункової схеми (рис.2) проекція нормально діючих сил на напрямок руху (вісь X) буде:

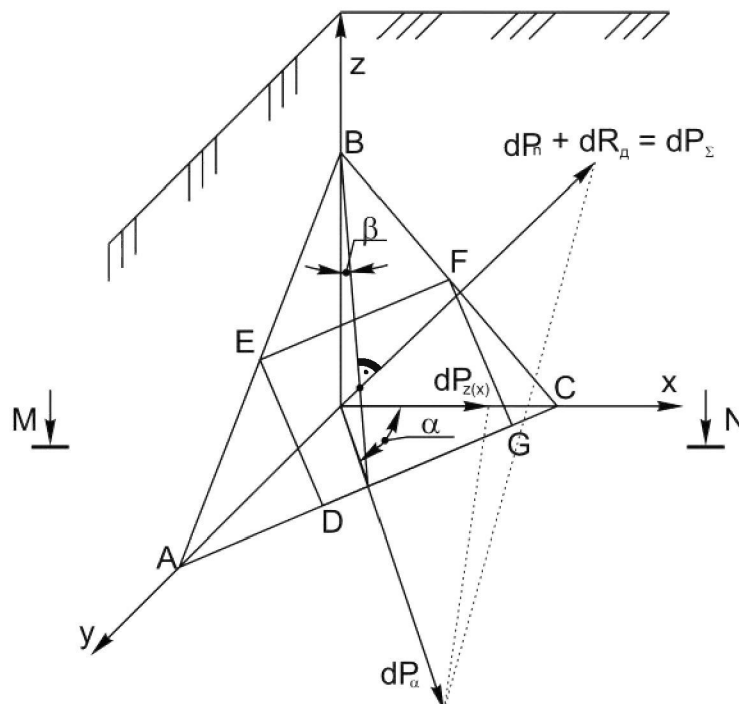


Рисунок 2 – Розрахункова схема до визначення проекції на напрямок руху нормально діючих сил.

$$\begin{aligned}
 dP_{\Sigma}(X) &= P\alpha \cdot \cos\alpha = dP_{\Sigma} \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta = \\
 &= \gamma \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta \cdot \left\{ \cos\alpha \left[\operatorname{tg}(45^{\circ} - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg}\beta \right]^2 \cdot \cos\beta + \frac{\sin\alpha_P \cdot \cos\theta}{\sin(\alpha_P + \theta)} \cdot V^2 \right\} \cdot dy \cdot dz
 \end{aligned} \quad (6)$$

У відповідності до розрахункової схеми (рис.3)

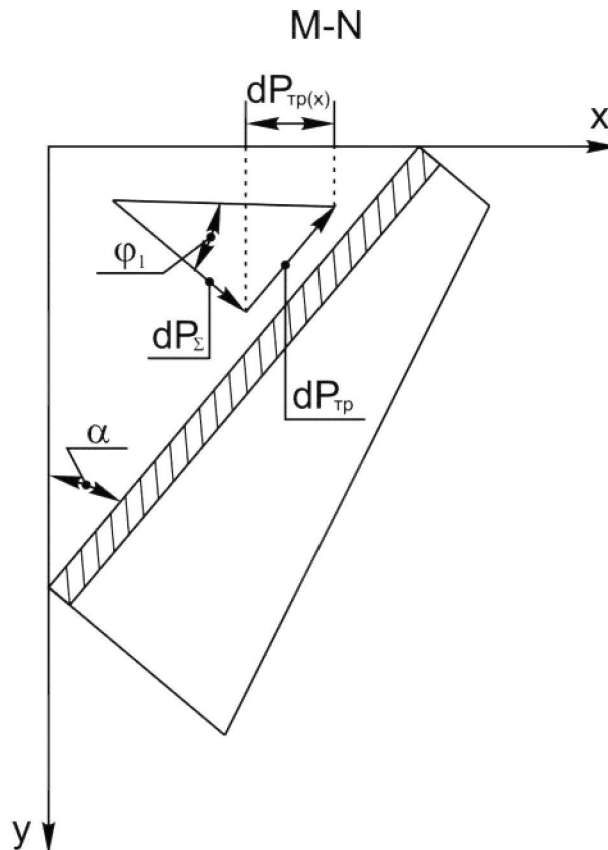


Рисунок 3 – Реакція сил тертя.

Сила тертя

$$dP_{Tp} = \gamma \cdot \left\{ \frac{H}{\cos\alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^{\circ} - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg}\beta \right]^2 \cdot \cos\beta + \frac{\sin\alpha_P \cdot \cos\theta}{\sin(\alpha_P + \theta)} \cdot V^2 \right\} \cdot \operatorname{tg}\varphi l \cdot dy \cdot dz, \quad (7)$$

де φl – кут зовнішнього тертя ґрунту по сталі.

Проекція сили тертя на напрямок руху

$$dP_{Tp(X)} = \gamma \sin\alpha \cdot \left\{ \frac{H}{\cos\alpha} \left[\operatorname{tg}(45^{\circ} - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg}\beta \right]^2 \cos\beta + \frac{\sin\alpha_P \cdot \cos\theta}{\sin(\alpha_P + \theta)} \cdot V^2 \right\} \operatorname{tg}\varphi l \cdot dy \cdot dz \quad (8)$$

Тоді, проекція на напрямок руху всіх діючих сил

$$\begin{aligned}
 dP &= dP_{\Sigma}(X) + dP_{Tp}(X) = \\
 &= \gamma \cdot \left\{ \frac{H}{\cos\alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^{\circ} - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg}\beta \right]^2 \cdot \cos\beta + \frac{\sin\alpha_P \cdot \cos\theta}{\sin(\alpha_P + \theta)} \cdot V^2 \right\} \times \\
 &\quad \times (\cos\alpha \cdot \cos\beta + \sin\alpha \cdot \operatorname{tg}\varphi l) \cdot dy \cdot dz
 \end{aligned} \quad (9)$$

Для визначення сумарної реакції поверхні робочого органа візьмемо інтеграл по поверхні від отриманого рівняння (9)

$$P = \gamma \cdot \iint_{\sigma} \left\{ \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta + \frac{\sin \alpha_P \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_P + \theta)} \cdot V^2 \right\} \times (10) \\ \times (\cos \alpha \cdot \cos \beta + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi_1) \cdot dy \cdot dz$$

де σ – рівняння поверхні.

Висновок.

Наведена методика визначення тягового опору робочого органу довільної геометричної форми дозволяє на проектному етапі оцінити енергетичні витрати на розпушення ґрунту. Особливо важливим є те, що методика дозволяє визначити напрямок дії результуючої сили опору та точку прикладення. Останнє є важливим з точки зору загальної компоновки машини.

Література

1. Эльшейх А.Х. Обоснование технологического процесса предпосевной обработки почвы и конструктивно-технологических параметров комбинированного агрегата: автореф. дис. канд. техн. наук / А.Х. Эльшейх – М., 2009. – 18с.
2. Горячкин В.П. Собрание починений в трёх томах / В.П. Горячкин. // Том 2. – М.: Колос, 1965.- 459 с.
3. Кобець А.С., Волик Б.А., Рибкін А.П. Аналітичні дослідження агрегату на основі робочих органів дискового типу./ А.С. Кобець., Б.А. Волик., А.П. Рибкін.// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка, Вип.44, «Механізація сільськогосподарського виробництва, Т.2, Харків, 2006. – с. 231-236.
4. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин., В.А. Сакун. – М.: Колос, 1980.- 671с.
5. Мударисов С.Г. Повышение качества обработки почвы путем совершенствования рабочих органов машин на основе моделирования технологического процесса: Автореф. дис...докт. техн. наук: 05.20.01. / С.Г. Мударисов. – Челябинск, 2007. – 40с.
6. Зеленін А.Н. Основы разрушения грунтов механическим способом / А.Н. Зеленін. – М.: Машиностроение, 1968.- 320 с.
7. Панченко А.Н. Аналитический метод определения тяговых сопротивлений почвообрабатывающих и землеройных машин и оценка их эффективности для энергосберегающих технологий: Учебное пособие Днепропетр.гос.агр.ун-т. /А.Н. Панченко. – Днепропетровск,1995.–96с.
8. Шаров Н.М. Эксплуатационные свойства машино - тракторных агрегатов / Н.М. Шаров. – М.: Колос, 1981.- 240 с.

9. *Цытович Н.А.* Механика грунтов (краткий курс): Учебник для строит. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / *Н.А. Цытович.* – М.: Высш. шк., 1983. – 288с.
10. *Синеоков Г.Н.* Дисковые рабочие органы почвообрабатывающих машин / *Г.Н Синеоков.* – М.-Л.:Машгиз, 1949, - 86с.
11. *Хотюн Г.В., Рыбкин А.П., Лихоман А.В.* Методика оценки качества обработки почвы. / *Г.В. Хотюн., А.П. Рыбкин., А.В. Лихоман.* // Праці Таврійської державної агротехнічної академії – Вип. 22, - Мелітополь:ТДАТА, 2004. – С. 185 – 189.
12. *Шелудченко Б.А., Фомін М.П., Губенко В.О., Вітовський О.В.* Обгрунтування радіусу кривизни робочої тороїдальної поверхні дискового робочого органу ґрунтообробного знаряддя. / *Б.А. Шелудченко., М.П. Фомін., В.О. Губенко., О.В. Вітовський.* // Механізація сільськогосподарського виробництва. Збірник наукових праць Національного аграрного університету. Том IV. Київ, 1998. – С. 97-100.
13. *Ветров Ю.А.* Резание грунтов землеройными машинами / *Ю.А. Ветров.* – М.: Машиностроение, 1971.- 350 с.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЩЕЙ РЕАКЦИИ РЕЗАНИЯ ПОЧВЫ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Семенюта А.М., Белокопытов О.В., Волик Б.А.

Аннотация

В работе обоснована и представлена общая методика расчета резания почвы поверхностью произвольной геометрической формы. Данная методика позволяет моделировать процесс обработки почвы при заранее заданных показателях качества.

CALCULATION METHOD OF THE GROUND CUTTING REACTION BY ANY GEOMETRICAL FORM SURFACE

A. Semenyuta., O. Belokopytov., B. Volik.

Summary

The calculation method of the ground cutting reaction by any geometrical form surface is substantiated and represented at the work. The method enable to mode ground cutting process under given quality indices.