

ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ РОЗКИДУВАННЯ САПРОПЕЛЮ ВЕРТИКАЛЬНИМ БІТЕРОМ

¹Лясота О.М. кандидат технічних наук, ²Бабарика С.Ф.

(¹Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

*²Ковельський промислово-економічний коледж Луцького державного
технічного університету)*

Запропоновано методику розрахунку енергосилових параметрів роботи розкидача органічних добрив (сапропелів) оснащеного гвинтовими бітерами з вертикальним і горизонтальним розміщенням.

Головною метою землеробства є отримання максимально можливого врожаю сільськогосподарських культур за умов збереження родючості ґрунтів за рахунок реалізації економічно доцільних та економічно безпечних технологій і технологічних засобів [1]. Внаслідок сільськогосподарського використання ґрунтів порушується природне гумусоутворення, змінюється кількість і якість рослинних решток, що впливає на процеси гуміфікації і, у більшості випадків, призводить до зниження вмісту гумусу в ґрунті. Відомо, що за останні 20 років, втрати гумусу в ґрунтах України становлять понад 10% загального його вмісту [2]. Тому внесення органічних добрив має вирішальне значення в підвищенні родючості ґрунтів. Основними органічними добривами у Волинському регіоні є гній, торф та сапропель [3]. Останній являє собою відкладену в прісноводних водоймах суміш землі з напіврозкладеними рослинними і тваринними залишками. Сапропель містить органічні речовини (до 15-30% і більш), азот, фосфор, калій, вапно, мікроелементи, деякі вітаміни, антибіотики, біостимулятори [4]. Найбільша кількість цього добрива у

Львівсько-Волинському басейнах. Сапропелі застосовують як у чистому виді, так і у виді компостів із гноєм, фекаліями і гнойовою рідиною.

Для внесення цих добрив пропонується використовувати модернізовану машину МТО-7, робочі органи якої, спіральні бітери, виконані за технологією згідно праці [5].

Дослідження енергосилових параметрів важливий етап в процесі конструювання машин для внесення органічних добрив, тому метою даної роботи є розроблення методики розрахунку енергосилових параметрів розкидування органічних добрив (вантажу) спіральними бітерами.

Робота виконується згідно з постановою Кабінету Міністрів України “Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентоспроможною технікою” на 2004...2008 роки.

В конструкціях спіральних бітерів, які мають зону завантаження за всією довжиною формування потоку, умови транспортування будуть залежати від подачі вантажу до бітерів. Використовуючи відому формулу для визначення об’ємної витрати вантажу в гвинтових конвеєрах [6]

$$Q = \frac{\psi \varphi \pi D^2 V_{oc}}{4}, \quad (1)$$

визначаємо продуктивність спірального бітера

$$Q_\gamma = \gamma_G Q \quad (2)$$

де ψ – коефіцієнт, який враховує кількість захопленого шнеком вантажу;

φ – коефіцієнт заповнення міжвиткового простору;

D – усереднений діаметр між сусідніми бітерами;

V_{oc} – осьова швидкість вантажу;

γ_G – об’ємна вага сапропелю.

Продуктивність являється вихідним параметром при проектуванні розкидувачів органічних добрив. Тому залежність (2) з врахуванням даних

розрахунку на міцність є основною, для визначення параметрів спіралі бітера і його кутової швидкості.

При розкидуванні сапропелю та при транспортуванні на виділений елемент потоку з боку поверхонь спіралі діють нормальні реакції і складові тертя. З врахуванням того, що в процесі розкидування задіяна тільки частина об'єму, то його розрахункову вагу визначають за виразом:

$$dG_{розр} = \varphi dG = \gamma_G \frac{Q}{v_{oc}} dl \quad (3)$$

Враховуючи складові прискорення частинки вантажу і вираз (3) нормальні реакції dN_i від елемента вантажу вагою $dG_{розр}$ запишемо:

$$\begin{aligned} dN_2 &= \frac{\gamma_G Q}{v_{oc}} \left(\frac{\rho_u}{g} w_A^2 + \sin \theta \cos \gamma \right) dL; \\ dN_1 &= \frac{\gamma_G Q}{v_{oc}} \sin \gamma + \frac{T}{2\pi g} \frac{d^2 \theta}{dt^2} + \mu_2 \sin \beta \left(\frac{\rho_u}{g} w_A^2 \sin \theta \cos \gamma \right) dL; \\ \alpha_{z1} &= \frac{2\pi \rho_u - \mu_1 T}{\sqrt{4\pi^2 \rho_u^2 + T^2}}. \end{aligned} \quad (4)$$

де ρ_u – відстань розміщення елемента вантажу від центру бітера;

T – крок спіралі;

При високих швидкостях бітерів середнє значення dN_i за робочою довжиною бітера:

$$dN_1 = \frac{\gamma_G Q}{v_{oc} d_{z1}} \left(\frac{\mu_2 \rho_u w_A^2 \sin \beta}{g} \right) dl \quad (5)$$

$$dN_2 = \frac{\gamma_G Q}{g v_{oc}} \rho_u w_A^2 dl.$$

Відповідно складові тертя $dF_1 = \mu_1 dN_1$; $dF_2 = \mu_2 dN_2$;

Відповідно до [6] енергетичні затрати на переміщення розкидуваного добрива можна подати у вигляді суми робіт

$$A_n = A_1 + A_2 + A_3 \quad (6)$$

де A_1 – робота підйому сапропелю;

A_2 і A_3 – роботи сил тертя між сапропелем і поверхнями відповідно до спіралі і вала. Для виділеного елемента об'єму за відрізок часу

$$\begin{aligned} dA_1 &= \Delta t dG_{расч} \frac{dz}{dt} = \Delta t \gamma Q \sin \gamma dl; \\ dA_2 &= \Delta t \mu_1 S_1^{OTH} dN_1; \\ dA_3 &= \Delta t \mu_2 S_2^{OTH} dN_2. \end{aligned}$$

Тоді роботу переміщення вантажу шукаємо як інтегральну суму вище представлених залежностей:

$$\begin{aligned} A_n &= \Delta t Q \gamma_G g \left\{ H + \int_0^L \left(\frac{\mu_1 (w - w_A)}{2\pi \alpha_{z1}} \left(\frac{\mu_2 \rho_u w_A^2 \sin \beta}{g v_{oc}} + \frac{\sin \gamma}{v_{oc}} \right) \times \right. \right. \\ &\left. \left. \times \sqrt{4\pi^2 \rho_u^2 + T^2} + \frac{\mu_2 \rho_u w_A^3}{2\pi g v_{oc}} \sqrt{4\pi \rho_u^2 + T^2 \left(1 - \frac{w}{w_A}\right)^2} \right) dl \right\} \end{aligned} \quad (7)$$

Повну роботу, яка затрачена на розкидування сапропелю в реальному бітері можна подати у вигляді

$$A = k_B k_{3Г} k_{ТР} A_n \quad (8)$$

де k_B – коефіцієнт, який враховує затрати на перемішування, подрібнення, злипання, або заклинення сапропелю;

$k_{3Г}$ – коефіцієнт, який враховує неточність виготовлення спіралі і вала, їх відхилення від розрахункового значення;

$k_{ТР}$ – коефіцієнт, який враховує вертикальне розміщення бітерів.

Коефіцієнти k_B і $k_{3Г}$ визначаються експериментально, коефіцієнт $k_{ТР}$ враховує енергетичні затрати на тертя при піднятті матеріалу по спіралі, і в першому наближенні може бути визначений аналогічно.

Із залежностей (7), (8) потужність, яка необхідна для розкидування вантажу спіралью-гвинтовим бітером

$$N = k_B k_{3Г} k_{ТР} Q \gamma_G (H + WL) \quad (9)$$

де W – коефіцієнт питомих втрат на робочій довжині бітера, який визначається із залежності

$$W = \left(\int_0^L \left[\frac{\mu(w-w_A)}{2\pi\nu_{oc}d_{z1}} \left(\sin\gamma \sin\beta \frac{\mu_2 D w_I^2}{2g} \right) \sqrt{4\pi^2 \rho_u^2 + T^2} + \frac{\mu_2 D w_A^3}{2\pi\nu_{oc}g} \sqrt{4\pi^2 \rho_u^2 + T^2 \left(1 - \frac{w}{w_A} \right)^2} \right] \right) / L. \quad (10)$$

Більш зручні для аналізу розрахункові залежності одержуємо з умови розгляду всіх сил, прикладених до спіралі бітера, і визначення моменту обертання. Наприклад, на ділянці довжиною dl до спіралі на відстані ρ_u від осі прикладені сили dN_1 і dF_1 , які утворюють осьову силу dP_z і крутний момент dM_z , для яких можна записати

$$\begin{aligned} dP_z &= (\cos\alpha_\rho - \mu_1 \sin\alpha_\rho) dN_1 \\ dM_z &= \rho_u (\sin\alpha_\rho - \mu_1 \cos\alpha_\rho) dN_1 \end{aligned} \quad (11)$$

де α_ρ – кут підйому витків по радіусу ρ_u . Відповідно сумарну осьову силу P_z і крутний момент M_z від дії вантажу визначаємо інтегруванням залежностей (11) за робочою довжиною бітера. З врахуванням стабільності усередненого кута α_ρ за робочою довжиною бітера, в першому наближенні буде:

$$P_z = \frac{\gamma_G Q}{\nu_{oc}} (\cos\alpha_\rho - \mu_1 \sin\alpha_\rho) \int_0^L \frac{g \sin\gamma + \mu_2 \rho_u w_A^2}{d_{z1} g \nu_{oc}} dl; \quad (12)$$

$$M_z = \rho_u \frac{\gamma_G Q}{\nu_{oc}} (\sin\alpha_\rho - \mu_1 \cos\alpha_\rho) \int_0^L \frac{g \sin\gamma + \mu_2 \rho_u w_A^2}{d_{z1} g \nu_{oc}} dl \quad (13)$$

Якщо траєкторія матеріалу задана в параметричному вигляді, то синус кута його підйому буде

$$\sin\gamma = \frac{dz}{dl} = \frac{z_\tau}{\sqrt{x_\tau^2 + y_\tau^2 + z_\tau^2}} \quad (14)$$

Кутова ω_g і осьова ν_{oc} швидкості матеріалу визначаються за кутовою швидкістю спіралі за виразами:

$$\omega_A = \frac{d\theta}{dt} = \frac{\omega}{1 - T'/T} = \frac{\omega T (T + \mu_1 \pi D)}{\pi^2 D^2 + T^2} \quad (15)$$

$$v_{oc} = \dot{z}_{IA} = \frac{T}{2\pi} \left(\frac{d\theta}{dt} - \omega \right) = \frac{TT'}{2\pi(T - T')} \omega = \frac{\omega TD(\pi D - \mu_1 T)}{2(\pi^2 D^2 + T^2)} \quad (16)$$

Наприклад, якщо врахувати, що $v_{oc} = v_{oc.rop}$ то залежність (13) набере вигляду:

$$M_z = \frac{\pi}{4} \phi \phi_0 \rho_u \gamma_G D_{ж}^2 \left(\frac{\sin \alpha_\rho + \cos \alpha_\rho}{\cos \alpha_\rho + \mu \sin \alpha_\rho} \right) \int \frac{g \sin \gamma + \mu_2 \rho_u w_A^2 \sin \beta}{v g} dl \quad (17)$$

В загальному випадку інтеграл, який входить в залежність (17) визначається числовим методом. Для вертикального розміщення бітера, коли відношення осьової швидкості до горизонтальної осьової $v=1$, можна записати вираз для визначення крутного моменту у вигляді:

$$M_z = \phi \phi_0 (1 + \sqrt{1 - \phi_0})^2 \mu_2 (\sin \alpha_\rho + \mu_1 \cos \alpha_\rho) \sin^2 \alpha_\rho \times \\ \times \frac{\gamma_G \pi D_{ж}^4 L w^2 \sin \beta}{16g} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_\rho - \mu_1 \sin \alpha_\rho} \quad (18)$$

Повний момент, який необхідний для обертання бітера і розкидування вантажу аналогічно (8)

$$M = k_B k_{3r} k_{TP} M_z \quad (19)$$

Для випадку горизонтального розміщення бітерів крутний момент можна визначити за виразом:

$$M_z = \frac{\pi D^3 \gamma_G \phi_0 (1 + \sqrt{1 - \phi_0}) L}{8 \sqrt{1 + \frac{(2\pi \rho_u - \mu_1 T)^2}{2\mu_2 (T + 2\mu \pi \rho_u^2)}}} \quad (20)$$

Отже, для горизонтального розміщення бітера крутний момент від транспортування вантажу не залежить від кутової швидкості спіралі w з врахуванням того, що із збільшенням кутової швидкості спіралі w дещо зменшується коефіцієнт Φ , який враховує кількість захопленого шнеком вантажу, а також менші втрати через защемлення і зминання вантажів, то

збільшення швидкості в межах незмінного режиму транспортування дещо зменшує невиробничі втрати потужності.

Виведені залежності для визначення продуктивності, потужності, кутової та осьової швидкостей, сили та крутного моменту дають можливість розрахувати геометричні параметри робочих органів спіральних бітерів машин для внесення органічних добрив.

Список літератури

1. Дворгников В.О., Шовченко І.А.. Системний аналіз функціонування сільськогосподарського виробництва. Науковий вісник Національного аграрного університету.: К., 1997, С.104 – 108.

2. Охорона ґрунтів: Навчальний посібник. – Шикуча М.К. та ін. – К.: Видавництво “Знання”, 2004. – 398 с.

3. Органические удобрения / А.А. Бацула, Э.Г. Дегодюк, В.И. Гамалей и др.; Под. ред. А.А. Бацулы. - 2-е изд., - К.: Урожай, 1988.- 184 с.

4. Дідух В.Ф., Грабовець В.В., Дідух С.В. Вплив сапропелю на родючість ґрунту. Сільськогосподарські машини. Вип. 14. - Луцьк, 2006. С. 84 – 89.

5. Лясота О.М. Технологічні процеси виготовлення складно профільних гвинтових заготовок// Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. – Том 1. – Севастополь, Сев НТУ, 2004. С.49-50.

6. Омельченко А.А., Ткач В.Д. Довідник по механізації тваринницьких і пташиних ферм і комплексів. – К.: Урожай. 1982. - 271 с.

Аннотація

Энергосиловые параметры разбрасывания сапропеля вертикальным битером

Лясота О.М., Бабарика С.Ф.

Предложена методика расчета энергосиловых параметров работы разбрасывателя органических удобрений (сапропелей) оснащенного винтовыми битами с вертикальным и горизонтальным размещением.

Abstract

Power parameters of organic fertilizer spreader by vertical beaters

O.Lyasota, S.Babaryka

The method of calculating of power parameters of organic fertilizer spreader operation which is equipped with the vertical and horizontal screw beaters is suggested.