

УДК 631.862

**І. Вітрух**

*Інститут механізації та електрифікації сільського господарства УААН*

## **ДО ПИТАННЯ ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗМІШУЮЧОГО МЕХАНІЗМУ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОМПОСТНИХ СУМІШЕЙ У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ**

*Обгрунтовано конструктивну схему змішуючого робочого органу активної дії, який включає гвинтову фрезу з лопатною частиною для розгрукки маси і рухому касету фрезеруючих лопатевих валів. Приведено залежності для визначення раціональних параметрів і режимів роботи змішуючого органу, який агрегується з мобільним навантажувачем безперервної дії і забезпечує приготування компостних сумішей у польових умовах по частково-організованому принципу”.*

Одним з основних критеріїв оцінки стану сільськогосподарських угідь є рівень родючості ґрунтів, як основа функціонування цієї категорії земель. Від неї залежать не лише урожайність рослин, але й спрямованість ґрунтових процесів, екологічний стан ґрунтів і ландшафтів, а також ефективність заходів щодо їх підвищення. Без вирішення питання щорічного внесення науково-обгрунтованих доз органічних і мінеральних добрив, хімічних меліорантів неможливо стабілізувати сільськогосподарське виробництво та розраховувати на його перспективний розвиток. Збільшення виробництва та застосування органічних добрив доцільно проводити за рахунок добування торфу, сапропелю та приготування компостів. Базовою операцією в процесі приготування компостів є змішування компонентів. В ході пошукових досліджень, в результаті аналізу вітчизняного і зарубіжного досвіду, можна зробити висновок, що для приготування компостних сумішей у польових умовах із компонентів із широким діапазоном вологості (45...94%), необхідно розробити універсальний робочий орган до мобільного навантажувача безперервної дії.

Найбільше прийнятним конструктивним рішенням є робочий орган активної дії, який включає гвинтову фрезу з лопатевою частиною для розгрукки маси 1 і рухому касету фрезеруючих лопатевих валів 2 (рис. 1).

Такий механізм забезпечує приготування компостних сумішей у польових умовах по “частково-організованому” принципу сумішеутворення.

Загальний об’єм маси  $\Delta V_{PO}$ , що подається забірно-змішуючим органом на вигрузний конвейер визначається об’ємом маси випорожнення  $\Delta V_B$ , який подається лопатевою частиною фрези у вивантажувальне вікно лопати. Об’єм випорожнення складається із об’єму  $\Delta V_L$  – захопленого лопатю й об’ємної маси  $\Delta V_\phi$ , яка подається під лопать гвинтовою (шнековою) частиною фрези (рис. 1).

$$\Delta V_{PO} = \Delta V_B = \Delta V_L + \Delta V_\phi \quad (1)$$

В залежності від фізико-механічних властивостей маси, яка переробляється, об’єм  $\Delta V_{PO}$  визначається з виразу:

$$\Delta V_{PO} = \Delta V_{II} \cdot \mu \quad (2)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт заповнення міжлопатєвого простору лопатевої частини фрезбарабана. Для розрахунків у першому наближенні приймаємо  $\mu = 0,4...0,45$  [1, 2],  $\Delta V_{II}$  - об’єм простору між двома сусідніми лопатями.

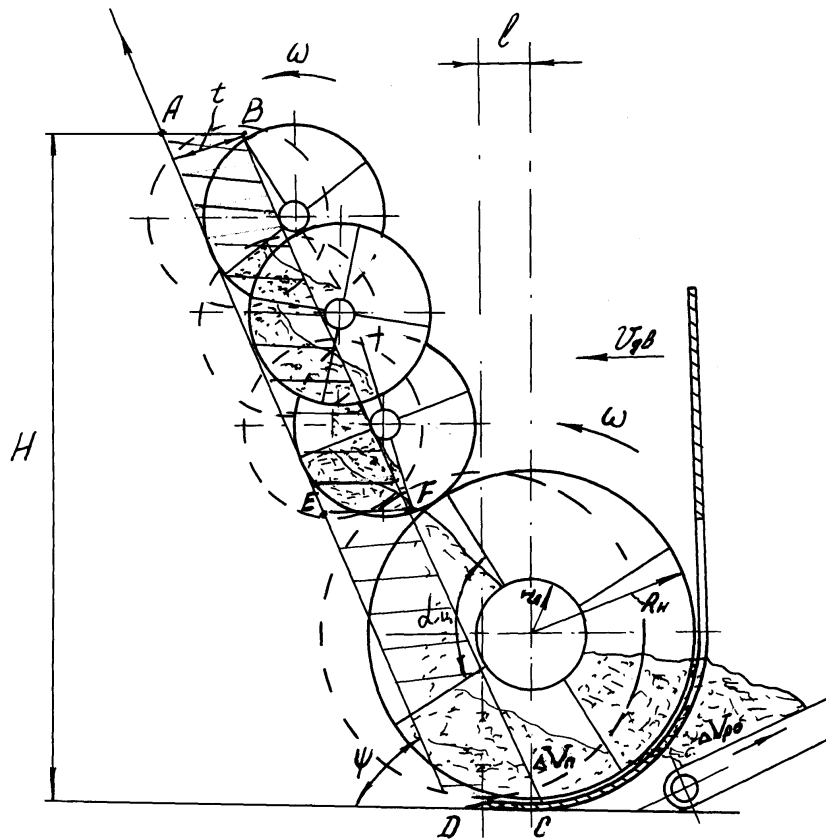


Рис. 1. Схема забірно-замішуючого механізму мобільного навантажувача безперервної дії.

Робочий орган, при подачі на борт укладених компонентів, за період часу, що відповідає центральному куту  $\alpha_u$  між вигрузними лопатями гвинтової фрези захоплює об'єм маси, переріз якого можна умовно прийняти паралелограмом ABCD, площа якого

$$S_{ABCD} = \frac{H \cdot t}{\sin \psi} \quad (3)$$

де  $H$  - висота бурта,  $t$  - висота паралелограма ABCD;  $\psi$  - кут встановлення касети.

В процесі захоплення маси із бурта ріжучі робочі органи провертаються і врізаються в борт на величину  $AB=l$ , тому:

$$S_{ABCD} = H \cdot l \quad (4)$$

Об'єм призми з основою паралелограма, що відповідає об'єму  $\Delta V_{PO}$  визначається так:

$$\Delta V_{PO} = \frac{H \cdot l \cdot (L_{PO} - \frac{H}{2 \operatorname{tg} \varphi})}{\sin \psi} \quad (5)$$

де  $L_{PO} - \frac{H}{\sin \varphi}$  - середня ширина призми бурта, при врізанні робочого органу в борт;

$\varphi = 45^\circ$  - кут природнього нахилу;  $L_{PO}$  - робоча ширина захвату.

$$L_{PO} = (1,1 \dots 1,2) \cdot L_{M \max}, \quad (6)$$

де  $L_{M \max}$  – габаритний розмір навіски базової машини.

Об'єм міжлопатевого простору вигрузного ротора:

$$\Delta V_{II} = \pi \cdot B_p \cdot \frac{R_H^2 - r_e^2}{z}, \quad (7)$$

де  $B_p$  – ширина лопатевої частини фрези;  $z$  – число лопатей;  $R_H$ ,  $r_e$  – зовнішній і внутрішній радіуси лопаті.

Після підстановки значень  $\Delta V_{II}$  в рівняння (2) і прирівнювання правих частин рівнянь (2) і (7) отримаємо:

$$\pi \cdot B_p \cdot \frac{R_H^2 - r_e^2}{z} \cdot \mu = \frac{H \cdot l \cdot (L_{PO} - \frac{H}{2 \operatorname{tg} \varphi})}{\sin \psi} \quad (8)$$

З отриманого виразу встановлюємо глибину врізання  $l$  однієї лопаті в масив,

$$l = \frac{\pi \cdot B_p \cdot (R_H^2 - r_e^2) \cdot \mu \cdot \sin \psi}{z \cdot H \cdot (L_{PO} - \frac{H}{2 \operatorname{tg} \varphi})} \quad (9)$$

а також поступальну швидкість агрегату:

$$V_{II} = l \cdot z \cdot n = \frac{\pi \cdot B_p \cdot \mu \cdot n \cdot (R_H^2 - r_e^2) \cdot \sin \psi}{H \cdot (L_{PO} - \frac{H}{2 \operatorname{tg} \varphi})} \quad (10)$$

де  $n$  – кількість обертів фрези за одиницю часу.

Прийнята компоновка змішуючого органу дозволяє зробити висновок про справедливість наступного співвідношення:

$$\frac{\Delta V_{PO}}{L_{PO}} = \frac{\Delta V_O}{B_p} = \frac{\Delta V_\phi}{L_\phi}, \quad (11)$$

де  $\Delta V_{PO}$  – загальний об'єм матеріалу, який подається робочим органом;

$\Delta V_p$ ,  $\Delta V_\phi$  – об'єм матеріалу, що подається вивантажувальним ротором і фрезою відповідно;

$L_\phi$  – ширина захвату фрези.

$$L_\phi = L_{PO} = L_B + B_p, \quad (12)$$

де  $L_B$  – довжина гвинтової частини фрези.

Аналогічно формулі (1) справедливе співвідношення:

$$\frac{Q_T}{L_{PO}} = \frac{Q_\phi}{L_\phi} \quad (13)$$

де  $Q_T$  – технічна продуктивність змішуючого органу;  $Q_\phi$  – технічна продуктивність фрези.

Задаючись значеннями об'ємної продуктивності (згідно технічних умов) по виразах (9) і (10) встановлюються геометрично-конструктивні параметри змішуючого органу.

Якість приготовленої суміші залежить від способу взаємодії лопатевих елементів із масою бурта. У загальному випадку фрезерні лопатеві барабани можуть здійснювати обертання по трьох схемах: знизу вверху, зверху вниз, комбіновано (у зустрічному напрямку).

Розглянемо окремо роботу касети фрезбарabanів і роботу гвинтової фрези.

При обертанні фрезерних барабанів касети знизу вверху, лопатки фрези захвачують порцію матеріалу в забої верхньою площиною, відривають її від масиву бурта і піднімають вверху у “здутому” стані. Далі верхній фрезбарaban перекидає масу на

сторону, яка протилежна бурту. В результаті руху маси по обидві сторони осі фрези зростають сили тертя, а також енергоємність процесу (рис. 2, а).

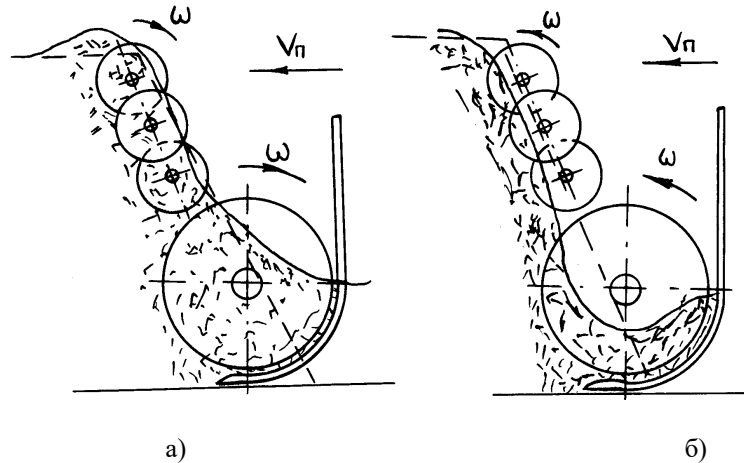


Рис. 2. Варіанти формування призм волочиння.

При обертанні фрезерних барабанів касети зверху вниз лопатки фрези захоплюють матеріал нижньою площиною й обвалюють його. Сила тяжіння при цьому сприяє обвалам. При переході лопаткою фрези горизонтального положення відносно опорної бази машини захоплений матеріал починає сповзати по поверхні лопатки і захоплюється лопаткою сусідньої фрези. Враховуючи фізико-механічні властивості компонентів, які перемішуються, вимоги до якості суміші, зниження енергоємності процесу обертання фрезерних барабанів касети доцільно здійснювати зверху вниз.

При обертанні знизу вверх “відкочуючись від бурта” гвинт торкається матеріалу верхньою площиною стрічки. Порція матеріалу відірвана від масиву бурта буде підніматися вверх. Цей процес буде проходити до тих пір, поки сили тяжіння не врівноважаться із силами тертя матеріалу до матеріалу в бурту та до гвинта. При такому обертанні фреза сприяє “вздуттю” матеріалу зверху бурта. Рух його проходить по обидві сторони, як фрезбарабанів касети, так і осі гвинтової фрези (рис. 2, б).

При обертанні фрези зверху вниз – накочуючись на масив бурта, гвин діє на матеріал своєю нижньою площиною й обсуває його. Внаслідок дії сили тертя матеріалу об гвинт матеріал втягується на сталюю поверхню відвалу. При збільшенні кроку гвинта, підвищується інтенсивність обвалу матеріалу і прискорюється переміщення захопленого матеріалу на поверхню лопаток. Прискорюється процес розвантаження змішуючого органу, усувається ефект ущільнення маси внаслідок того, що подальше переміщення матеріалу проходить на стороні протилежній бурту.

У розглянутих випадках роботи фрези виникають, як загальні, так і характерні опори.

Загальними опорами є опори, які виникають при обертанні фрезеруючих елементів по відношенню до бурта. Це опори від тертя матеріалу до поверхні сталюого корпусу змішуючого органу (лопати) при обертанні зверху вниз. Опори від тертя матеріалу, який переміщується до матеріалу бурта при обертанні знизу вверх, так як у даному випадку роль руслу виконує робоче середовище [3].

Прийнявши продуктивність механізму однаковою у обох випадках без врахування напірного зусилля і опору який виникає при цьому, визначаємо потужність, яка необхідна для обертання гвинтової фрези, яка транспортує і вивантажує з механізму весь об'єм перемішаного матеріалу.

$$N_i = \frac{\omega}{102} [K \cdot P_i \cdot r_{cp} \cdot tg(\alpha + \rho) + G_M \cdot r_n], \quad (14)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість обертання фрези;  $K$  – коефіцієнт, який враховує опір матеріалу бурта, відриву частини і її перемішування;  $r_{cp}$  – середній радіус тертя гвинта об матеріал;  $P_i$  - опір руху матеріалу вздовж гвинта відповідно при різних напрямках обертання;  $\alpha$  -

кут підйому гвинтової лінії,  $\rho$  - кут тертя гвинта об матеріал;  $G_M$  – сила тертя між рухомими елементами;  $r_n$  – радіус шийки підшипників, значення  $K, f_2, f_{1n}, \rho, \mu, \alpha, r_n, G$  – вибираються з довідкової літератури.

Осьові опори руху матеріалу вздовж гвинта фрези

$$P_i = q \cdot L \cdot f_i, \quad (15)$$

де  $q$  – вага погонного метру матеріалу;  $L$  – довжина фрези;  $f_i$  – коефіцієнт тертя між матеріалом і зовнішньою поверхнею механізму при транспортуванні.

Оскільки коефіцієнт тертя між матеріалом компонентів суміші і сталлю менший, ніж коефіцієнт тертя між компонентами суміші між собою (стіна забою), то потужність споживана механізмом при обертанні елементів конструкції зверху вниз менша.

Для обґрунтування технологічної роботоздатності касети фрезбаранів розглянемо напрямок і характер реакції від дії лопатки фрези на матеріал (рис. 3).

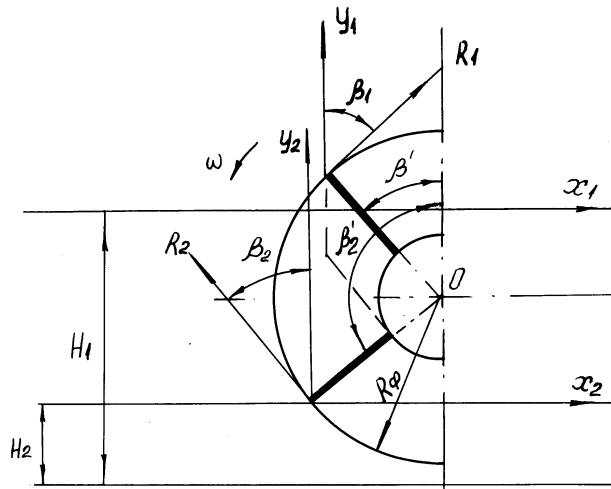


Рис. 3. Схема взаємодії лопаті фрезбарана касети з масою бурта.

При обвалах матеріалу, чи у випадку, коли механізм працює у середніх шарах бурта, лопать фрези торкається бурта під кутом  $\beta$ . Реакція  $R_1$  проходить справа від ординати. Захват і обвал маси продовжується до моменту, поки лопать не займе горизонтальне положення. При цьому пройде зтиск і зсув маси. Це проходить до тих пір, поки сили тертя захопленого лопаттю матеріалу не стануть менше зусилля, із яким лопать діє на масу. При перевищенні значень цих сил, сили тертя починається ковзання маси по лопаті.

Математична модель цього процесу приведена в роботі [4]. Диференційне рівняння руху частинки по площині, яка нахилена до радіуса і обертається відносно горизонтальної осі має вигляд:

$$y_i'' + 2f \cdot \omega \cdot y_i' - \omega^2 \cdot y_i = g \cdot \cos(\alpha_1 + \omega \cdot t) - g \cdot \sin(\alpha_1 + \omega \cdot t) + \omega^2 \cdot r_i \cdot f \cdot \sin \gamma_i, \quad (16)$$

де  $\alpha_1 + \omega \cdot t$  - функція часу;  $\gamma_i$  - функція від шляху, що вимірюється вздовж лопаті.

При розв'язанні аналогічного рівняння, застосовуючи його до барабанів сільськогосподарських машин, академік П.М.Василенко [4] робить заміну  $r_i \cdot \sin \gamma_i = r_0 \cdot \sin \gamma_0 = const$  і тоді рівняння набуває вигляду лінійного рівняння другого порядку:

$$y_i'' + 2f \cdot \omega \cdot y_i' - \omega^2 \cdot y_i = g \cdot \cos(\alpha_1 + \omega \cdot t) - g \cdot f \cdot \sin(\alpha_1 + \omega \cdot t) + \omega^2 \cdot f \cdot r_0 \cdot \sin \gamma_0, \quad (17)$$

Розв'язання другого рівняння, дало можливість визначити шлях проходження порції матеріалу по площині лопатки фрези, проаналізувати процес розвантаження

фрези, визначити відносну швидкість порції матеріалу в момент часу сходження її з лопаті.

Вплив кутової швидкості фрези на величину кута розвантаження лопаті для лопатних фрез різного діаметру приведено на рис. 4.

Оптимальна кутова швидкість фрез 6-8 рад/с. Кут початку розвантаження лопатки 40-50°, кут кінця розвантаження лопатей 95-120°.

Нормальна робота механізму проходить у тому випадку, коли реакція взаємодії лопаті направлена в сторону бурта, при від'ємному (негативному) значенні кута  $\beta$ .

Вирішити цю задачу можна використовуючи нахилені лопаті фрези, або змінюючи висоту і кут встановлення касети фрезбарабанів відносно опорної поверхні. Останнє рішення більш раціональне, так як дає можливість використання гідравлічної системи керування робочими органами.

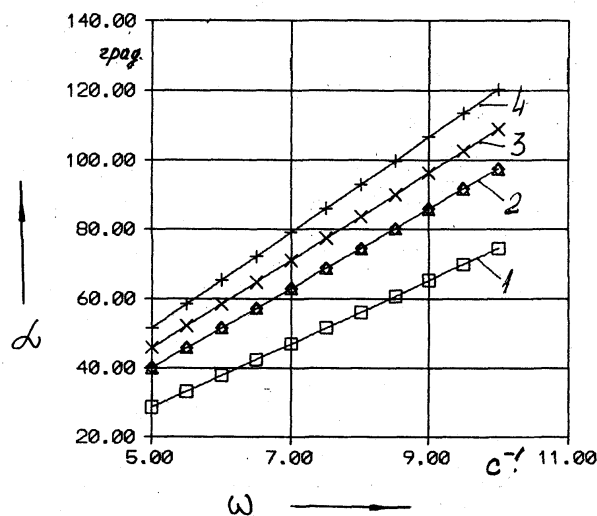


Рис.4. Залежність кута розвантаження лопатки фрези від кутової швидкості при коефіцієнті тертя  $f=0,45$ , при діаметрах фрези 1 -  $d=300$  мм, 2 -  $d=400$  мм, 3 -  $d=450$  мм, 4 -  $d=500$  мм.

### Висновки

1. Найбільше прийнятним конструктивним рішенням є робочий орган активної дії, який включає гвинтову фрезу з лопатевою частиною і рухома касету фрезеруючих лопатевих валів.

2. Оптимальні геометричні режимні параметри механізму наступні: зовнішній діаметр гвинтової фрези 900...1000 мм, діаметр лопатевих фрезбарабанів 420...480 мм, робоча ширина захвату 2,3 м. Поступальна швидкість агрегата 0,025...0,035 м/с, кутова швидкість фрез 6...8 рад/с.

3. Розроблений забірно-змішувачий орган в агрегаті із мобільним навантажувачем безперервної дії, забезпечує приготування компостних сумішей по "частково-організованому" принципу сумішеутворення в польових умовах.

*The constructive scheme of mixing tool of active action that include the helical mill with paddle part for unloading mass and drive cassette of milling helical shaft. Dependencies of the mixing mechanism rational parameters are given.*

### Література

1. Гайнанов Х.С. Исследование рабочего органа машины непрерывного действия для погрузки органических удобрений: Дис...канд. техн. наук. - Саратов, 1964-170с.
2. Гребенник В.Н. Исследование процесса смешивания навоза с фосфористой мукой на примере двухвального лопатного смесителя непрерывного действия: Дис... канд. техн. наук.-М., 1978. - 153 с.
3. Гевко Б.М., Рогатинский Р.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин. - Львов: Высш. школа, 1989.- 118с.
4. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин.-К.:Изд.УАСХН, 1960.-283с.

Одержано