

УДК 631.371  
© 2012

*В.О. Лук'янець,  
С.В. Субота*

*ННЦ «Інститут  
механізації та електрифікації  
сільського господарства»*

*\* Науковий керівник —  
доктор технічних наук  
Г.А. Голуб*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ГВИНТОВОГО БРИКЕТНОГО ПРЕСА \***

**Аналітично визначено параметри процесу  
примусової подачі (підпору) рослинного  
матеріалу для якісного завантаження робочого  
органу гвинтового брикетного преса.**

Для виробництва паливних брикетів з рослинної біомаси екструзійним способом використовуються переважно установки з гвинтопресувальним робочим органом — ЕВ-350 (ВАТ «Черкаселеватормаш», м. Черкаси); МБ-01 (ВАТ «Пресмаш», м. Івано-Франківськ); ШПБ-700 (НВО «Теплодар», м. Полтава); УБО-2 (к. «Жаско», м. Волгоград, Росія) та ін. Одним з основних факторів стабільної роботи екструзійних пресів поряд з температурним режимом є рівномірність та повнота заповнення міжвиткового простору в приймальній горловині кожуха гвинта. Подача матеріалу з бункерного пристрою в приймальну горловину в зазначеному обладнанні виконується переважно «згори — вниз» відносно вертикальної осі симетрії, а тому в цьому разі маємо висхідну робочу зону гвинта, яка діє в протилежному від подачі напрямку, і спадну, — яка збігається з ним. У першому випадку матеріал потрапляє в міжвитковий простір у незначній кількості й піддається змінно-пульсуючим ударянням, частота яких кратна числу обертів гвинта (гвинтопресувальний робочий орган) та його кроку, у другому — проникнення матеріалу в кожух гвинта здійснюється більш інтенсивно, і особливо за більшої величини кроку лопатей навивки гвинта ( $t > 40$  мм).

Висхідна зона гвинтового робочого органу працює здебільшого на транспортування матеріалу, а спадна — сприяє кращому його захопленню (завантаженню). Потужність приводу витрачається на обидві зони приймальної частини гвинта.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Істотний внесок в теорію гвинтових робочих органів (переважно конвеєрів) зробили М.В. Григор'єв, В.А. Дьяков, Р. Л. Зенков, Г.В. Корнєєв, В.П. Гейфман, В.О. Гвоздьов та ін. Пресування відходів рослинництва за допомогою гвинтових робочих органів досліджували В.І. Особов, В.В. Карманов та Ю.В. Подкозьїн. Питання завантаження (заповнення) міжвиткового простору в кожусі гвинта вивчали Ю.В. Волков,

В.В. Красніков, В.П. Забродін, М.С. Скок, А.І. Обьортишев.

**Мета досліджень** — формування умов безперебійної подачі подрібненої рослинної біомаси в гвинтопресувальний робочий орган, аналітичне визначення параметрів процесу примусової подачі (підпору) рослинного матеріалу для якісного заповнення міжвиткового простору.

**Результати досліджень.** Оскільки в нашому випадку крок гвинта  $t \geq 40$  мм, що характерно для всіх пресувальних машин, то за частоти обертання  $n > 400$  хв<sup>-1</sup> гвинтопресувального робочого органу гвинт умовно перетворюється на безперервний валок, в який подача згори подрібненого розсипчастого матеріалу стає проблематичною.

Тому як вихід із ситуації пропонується подача рослинного матеріалу збоку в бік обертання гвинта (рис. 1, б).

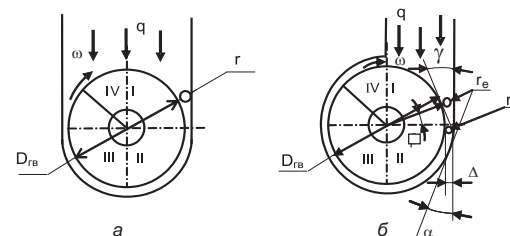
Проаналізуємо ці варіанти:

В IV квадранті (рис. 1, а) матеріал транспортується (відкидається) зі швидкістю [4].

$$v_n = t_{гв} \cdot \omega_{гв} \cdot \cos \psi_{гв}, \quad (1)$$

де  $t_{гв}$ ,  $R_{гв}$  — відповідно крок та радіус гвинта, м;  $\omega_{гв}$  — кутова швидкість обертання гвинтової навивки, с<sup>-1</sup>;  $\psi_{гв} = \arctg \frac{t_{гв}}{2\pi R_{гв}}$  — кут вильоту часток.

Подача матеріалу, яка зміщена від поздовжньої



**Рис. 1. Варіанти центрального (а) та бокового (б) завантаження гвинтопресувального робочого органу**

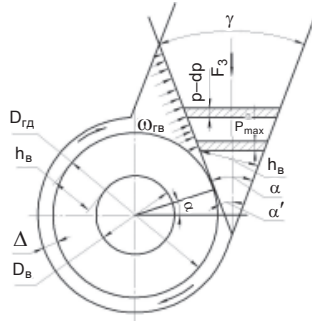


Рис. 2. Варіант подачі матеріалу під кутом до вертикальної осі  $O_{гв}$

осі гвинтопресувального робочого органу в бік квадранта I (рис. 1, б), значно покращує умови захоплення подрібненого рослинного матеріалу.

Визначимо кут захоплення матеріалу з умов [4]:

$$\gamma \leq \beta, \quad (2)$$

де  $\beta$  — кут тертя між матеріалом, що подається, та поверхнею гребенів витків.

Зі схеми при  $\gamma = \beta$ :

$$(R_{гв} + r_e) \cos \gamma + r_e = R_{гв} + \Delta, \quad (3)$$

де  $R_{гв}$  — радіус гвинта, м;  $r_e$  — еквівалентний радіус частинки, м;  $\Delta$  — зазор між гвинтом і кожухом, м.

З цього рівняння:

$$\gamma = \arccos \left[ \frac{R_{гв} + \Delta - r_e}{R_{гв} + r_e} \right]. \quad (4)$$

У нашому випадку, враховуючи те, що приймальна горловина повинна мати призматичну форму для запобігання повертанню сформованої «гайки» матеріалу, кут захоплення становить  $\gamma \leq 35^\circ$ . Однак ефективна подача в цьому разі припадає лише на половину діаметра гвинта ( $0,5D_{гв}$ ).

Розглянемо тепер подачу під кутом  $\alpha$  до вертикальної осі в квадрантах I–III, де можна істотно збільшити площу перерізу приймальної горловини (рис. 2).

Згідно з [5] в утвореному зазорі діють сили:

$$\Sigma F = F_1 \pm F_2 + F_3 - F_4 - F_5 - F_6, \quad (5)$$

де  $F_1 = PhV$  — сила, що діє з боку гвинта живильника;

$F_2 = (p - dP)(h + 2tg\alpha dl)$  — сила, що діє з боку захоплення матеріалу;

$F_3 = 2 \frac{P}{\xi} V \cos^2 \alpha dl$  — горизонтальна складова тангенціального зусилля подачі;

$F_4 = \frac{P}{\xi} f V \cos^2 \alpha dl$  — горизонтальна складова сил тертя по призмі зсуву;

$F_5 = \frac{P}{\xi} f V \cos^2 \alpha dl$  — горизонтальна складова сил тертя по днищу приймальної горловини;

$F_6 = 2Phfdl$  — сила тертя по бокових стінках горловини;  $\xi$  — коефіцієнт бокового тиску.

Здійснивши необхідні перетворення, отримуємо диференціальне рівняння з роздільними змінними  $P$  і  $l$ :

$$\int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = \int_0^l \left( \frac{2}{h} tg\alpha + \frac{f'}{\xi h} \cos^2 \alpha + \frac{f}{\xi h} \cos^2 \alpha + \frac{2f}{B} - \frac{2}{\xi h} \sin \alpha \cos \alpha \right) dl. \quad (6)$$

За нижню межу інтегрування беремо тиск, що розвивається в приймальному бункері в нижньому шарі насипної товщини матеріалу заввишки  $H_m$ . Приймаючи довжину каналу  $l$  рівною радіусу валу  $R_{гв}$ , а кінцеву висоту шару

$h = \frac{h_b + \Delta}{\cos \alpha}$ , після інтегрування й відповідних підстановок отримаємо вираз для визначення середнього тиску (підпору), з яким подається рослинна біосировина під гвинтопресувальний робочий орган.

$$P_{cp} = P_0 \exp \left[ 2R_{гв} (f + f') \left( \frac{\cos^3 \alpha}{2\xi h_\phi} + \frac{1}{B} \right) \right], \quad (7)$$

або, приймавши  $B = D_{п.ш.}$ ,

$$P_{cp} = P_0 \exp \left[ \frac{D_b}{h_b + \Delta} (f + f') \left( \frac{\cos^3 \alpha}{2\xi} + \frac{h_b + \Delta}{D_{п.ш.}} \right) \right]. \quad (8)$$

На рис. 3 наведено залежність насипної щільності пшеничної соломи, подрібненої молотковими і штифтовими робочими органами, від тиску, докладеного до неї. Як бачимо, в зоні

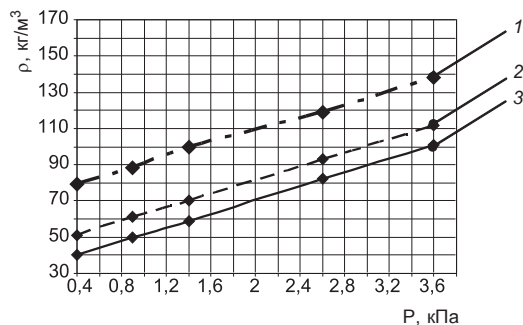


Рис. 3. Залежність щільності соломи від тиску, докладеного до неї: 1 — подрібнена на ИРТ-165(Ø 20); 2 — подрібнена на ИГК-30Б; 3 — подрібнена на ИРТ-165 (Ø 80)

низького тиску (до 5 кПа) вона має лінійний характер і визначається за формулою:

$$\rho_k = \rho_0 + aP_{\text{ф}}, \quad (9)$$

де  $a$  — коефіцієнт пропорційності.

Припустимо, що ми маємо такі вихідні дані (на прикладі преса-брикетувальника ЧПБ-1М): діаметр гвинта в приймальній горловині  $D_{\text{гв}}=130$  мм; діаметр валу в приймальній горловині  $D_{\text{в}}=92$  мм; висота гвинтової навівки  $h_{\text{в}}=19$  мм; зазор між навівкою та кожухом гвинта  $\Delta=3...5$  мм; коефіцієнт бічного тиску  $\xi=0,36$ ; коефіцієнт тертя гребенів навівки по сталі  $f=0,3$ ; коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу  $f'=0,7$ ; діаметр гвинта живильника  $D_{\text{п.ш.}}=V=130$  мм.

Початковий тиск у зоні робочих органів  $P_0=0,4$  кПа.

$$P_{\text{ср}} = 0,4 \exp \left[ \frac{0,092}{0,019 + 0,003} (0,3 + 0,7) \times \right. \\ \left. \times \left( \frac{0,96^3}{2 \cdot 0,36} + \frac{0,019 + 0,003}{0,13} \right) \right] = \\ = \left[ 4,18 \cdot 1 \cdot \left( \frac{1,125}{0,72} + \frac{0,022}{0,13} \right) \right] = \\ = 0,4 \exp 5,4 \approx 0,67 \text{ кПа.}$$

Цьому значенню тиску відповідає щільність пшеничної соломи  $\rho_k=55 \text{ кг/м}^3$ , наприклад, після ИГК-30Б.

Наведене значення можна брати як вихідне для подальшого розрахунку щільності отриманого паливного брикета.

## Висновки

Дослідженнями встановлено, що подача матеріалу в гвинтопресувальний робочий орган під кутом  $\alpha$ , близьким до кута захоплення  $\gamma = 35^\circ$ , покращує заповнення ним міжвиткового простору та сприяє режиму рівномір-

ного завантаження формувальних робочих органів. Наведені залежності (8) і (9) дають можливість розраховувати щільність матеріалу в зоні приймальної горловини з похибкою в межах 5...7%.

## Бібліографія

1. Гвоздьов В.О. Обґрунтування технологічного процесу та конструктивних параметрів швидкохідного гвинтового змішувача: автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук: 05.05.11 «Машини та засоби механізації сільськогосподарського виробництва». — Глеваха, 2008. — 18 с.
2. Гомонай М.В. Производство топливных брикетов (моногр.). — М.: МГУ, 2006. — 66 с.
3. Забродин В.П. Снижение энергозатрат в грузозачном устройстве винтового транспортера/

Забродин В.П., Обертышев А.И., Скок М.С.//Техника в сельском хозяйстве. — 1999. — № 3. — С. 40–41.

4. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1. (Ч. 3) Машини для приготування і внесення добрив. — Харків: Око, 2002. — 351 с.

5. Лукьянец В.А. Формирование слоя измельченных грубых кормов конвейерно-битерным механизмом//Техника в сельском хозяйстве. — 1991. — № 2. — С. 17–18.