

УДК 631.31:631.374

Г.І.Тимкович, Н.В. Півень

Національний технічний університет України "КПІ"

ГЕОМЕТРИЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВПЛИВУ НА МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РУХУ ҐРУНТУ В ШНЕКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНАХ ЗЕМЛЕОБРОБЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

В статті з геометричної точки зору підібрані параметри найбільшого впливу на раціональний рух частинок ґрунту по поверхні шнекових робочих органів у складі землеоброблювальної техніки. Теоретично досліджено вплив всіх сил, які діють на частинку ґрунту при його русі по поверхні шнека.

Ключові слова: шнекове знаряддя, фізико-механічне обґрунтування форми, геометричне моделювання, кут нахилу шнеку.

Постановка проблеми. Сьогодення ставить перед науковцями та працівниками сільськогосподарського сектору проблему пошуку шляхів енергозбереження на всіх етапах виробництва. Розв'язання цієї проблеми можливе за умов дослідження та моделювання технологічного процесу, застосування нових технологій.

Аналіз останніх досліджень. Транспортування ґрунту в шнекових робочих органах є складним процесом, що пояснює складність його геометричного моделювання.

Питання математичного опису роботи шнеків досліджували А.І.Кукібний, І.І.Мер, Панов І.М., А.М.Григор'єв. Основним недоліком існуючих фізико-механічних моделей і відповідно геометричного моделювання та математичних описів є відсутність врахування стиснутого руху частинок в обмеженому просторі шнека [2], їхньої взаємодії й нехтування наявністю підпору з боку "вихідного" отвору шнекового пристрою, як наслідок виникаючого тиску за ходом руху матеріалу (наприклад, через різницю в коефіцієнтах тертя матеріалу по поверхні робочого органу пристрою, коефіцієнтів тертя між групою частинок і т.п.). У цьому ж зв'язку з'являється протиріччя у фізичному змісті коефіцієнтів заповнення і продуктивності.

Основна частина. Рух частинок у шнеку відбувається за умови, коли сила тертя, викликана діючою на частинку відцентровою силою $\frac{(P_1 + G)J_a^2}{gr}$, виявляється настільки великою, що

пригальмовує частинку в спільному обертанні зі шнеком, тобто змушує її сковзати по шнеку, переборюючи силу тертя об шнек $m_s(G + P_1)\cos(\alpha + \gamma)$ і складову сили тяжіння й „сили положення”, спрямовану уздовж гвинтової поверхні донизу [3]. Складова сили положення враховує скрутність руху й ефект підпору. Наочно це можна спостерігати на розгортці.

В подальших розрахунках маса m частинки ґрунту рівна $m = G/g = 1$ і, відповідно, сила тяжіння частинки $G = g$ [1]. Якщо $(\alpha + \gamma)$ - кут підйому частинки на радіусі r точки дотику частинки з гвинтовою поверхнею й m_s - коефіцієнт тертя-сковзання між частинкою й шнеком, тоді будемо мати на гвинтовій поверхні, дві незалежні від величини швидкості шнеку сили $(G + P_1)\sin(\alpha + \gamma)$ і $m_s(G + P_1)\cos(\alpha + \gamma)$, перша з яких є та, що „виникла” від сил тяжіння і положення, а друга - сили тертя, викликані складовою сили тяжіння й положення.

$$\left. \begin{aligned} N_1 \cos \alpha - m_s N_1 \sin \alpha - m a \left(\frac{d^2 j}{dt^2} \right) - (G + r_1) \cos \gamma - f_2 N_2 \sin b &= 0; \\ (G + P_1) \cos \gamma \sin \alpha + f_2 N_2 \cos b - m_1 N_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha - m r \left(\frac{d^2 j}{dt^2} \right) &= 0; \\ (G + P_1) \sin \gamma \cos \alpha + m r \omega_0^2 + m r \left(\frac{dj}{dt} \right)^2 - N_2 - 2 m r \omega_0 \frac{dj}{dt} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Для випадку похилого розташування осі шнеку рівняння руху прийме вигляд (1). Або у

випадку стійкого квазістаціонарного режиму руху транспортування: $(\frac{dj}{dt} = const; \frac{d^2j}{dt^2} = 0)$; $m = 1$;

$G = mg = 1g = g$; $P_2 = \frac{P_1}{g}$), маємо:

$$\left. \begin{aligned} N_1 \cos a + m_s N_1 \sin a - f_1 N_2 \sin b - (g + P_2) \cos g &= 0; \\ (g + P_2) \sin g \sin e + f_2 N_2 \cos b - m_s N_1 \cos a - N_1 \sin a &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$N_1 = \frac{(g + P_2) \sin g \sin e \sin b - (g + P_2) \cos g \cos b}{m_s \sin(a + b) - \cos(a + b)} \quad (3)$$

$$N_2 = \frac{\left[\begin{aligned} (g + P_2) \sin g \sin e \sin b - \\ -(g + P_2) \cos g \cos b \end{aligned} \right] \cos a m_s \sin a}{f_2 \sin b [m_s \sin(a + b) - \cos(a + b)]} - \frac{(g + P_2) \cos g}{f_2 \sin b} \quad (4)$$

Використуємо кутові параметри виду:

$$\frac{dj}{dt} = \frac{u \sin b}{a} = \frac{w_0 \cos a \sin b}{\sin(a + b)} \quad (5)$$

У виразах (1) - (5) прийняті наступні позначення: N_1 - нормальна реакція гвинтової поверхні; G - сила тяжіння частинки ґрунту; P_1 - сила положення; N_2 - нормальна реакція корпусу; b - кутовий параметр; e - кут, що визначає положення частинки, щодо вертикальної площини; f_2 - коефіцієнт тертя продукту об стінку нерозробленого ґрунту; g - кут нахилу, шнекового пристрою ($g = 90^\circ$ і $g = 0$ відповідно для горизонтального й вертикального шнекових робочих органів); j_1 - кут тертя ґрунту по шнеку; j_2 - кут тертя ґрунту по ґрунту; J_r - відносна швидкість частинки; J_s - переносна швидкість частинки; J_a - абсолютна швидкість частинки; w_0 - кутова швидкість частинки ґрунту у випадку стійкого квазістаціонарного режиму руху.

На основі останніх досліджень склалася загально прийнята різниця між коефіцієнтом продуктивності k та коефіцієнтом наповнення k_n [4].

Коефіцієнт продуктивності є функцією кількох параметрів: $k = \Phi(D, S, d, f_1, f_2, w)$,

де D - діаметр шнеку; S - крок шнеку; δ - кут нахилу осі шнека до горизонту; f_1 - коефіцієнт тертя матеріалу по гвинтовій поверхні; f_2 - коефіцієнт тертя матеріалу по стінці кожуха; w - кутова швидкість шнеку.

Залежність коефіцієнта продуктивності від величини пасивної області можна представити наступним рівнянням: $k = P \left(1 - \frac{f}{F} \right)$,

де f - площа, яку займає пасивна область на поверхні одного витку шнека; F - повна робоча поверхня одного витку; P - коефіцієнт коригування.

Висновки. Кутова швидкість обертання мало впливає на величину пасивної зони, тобто збільшення швидкості практично не призводить до збільшення продуктивності.

Складовою характеристики енергозбереження є кут нахилу шнека до горизонту та його вплив на коефіцієнт продуктивності. Більш ефективним є використання шнеків з $g=0^\circ$.

1. Панов И.М. Физические основы механики почв: монография / И.М. Панов, В.И. Ветохин. - К.:Феникс, 2008. - 266 с.
1. Мелиоративные машины. Под. ред. И.И.Мера. - М.: Колос, 1980. - 351 с. 2.
2. Ветров Ю.А. Резания ґрунтов землеройными машинами. - М.: Машиностроение, 1982. - 359 с.
3. Зеленин А.Н. Машины для земляных работ/ Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керров И.П.. - М.: Машиностроение, 1985. - 424 с.