

Розрахунок машин для подрібнення плодоовочевої сировини

Розрахунок проводиться на прикладі подрібнення яблук на роторній плодоовочевій дробарці з горизонтальним розташуванням ротора Д1-7,5.

Продуктивність машини визначається за формулою, кг/с

$$Q_m = \frac{Q_l}{Z_m}, \quad (5.115)$$

де Q_l - продуктивність лінії, кг/с;

Z_m - кількість машин в лінії.

Продуктивність лінії, кг/с визначається як:

$$Q_l = \frac{m}{t_p}, \quad (5.116)$$

де m - кількість продукції, яку потрібно переробити за зміну, кг;

t_p - час роботи лінії, с.

$$t_p = t_m \cdot Z_{zm} \cdot \eta_{zm}, \quad (5.117)$$

де t_m - час роботи машини, с;

Z_{zm} - кількість змін;

η_{zm} - коефіцієнт використання часу зміни.

Також продуктивність дробарки, кг/с можна визначити за формулою

$$Q_m = l \cdot v_p \cdot \rho \cdot \varphi \cdot K \cdot m_{cp}, \quad (5.118)$$

де l - довжина ножового приладу, м;

v_p - швидкість різання для свіжих яблук, м/с;

ρ - щільність яблук, кг/м³;

φ - коефіцієнт використання ріжучої поверхні, $\varphi = 0,4...0,6$;

K - коефіцієнт використання площини бокової поверхні ножів;

m_{cp} - розмір частинок, які отримують в результаті подрібнення, м.

Коефіцієнт використання ріжучої поверхні залежить від кількості ножів (для чотирьохлопатевих ножів $K=0,2...0,25$); значення $m_{cp}=0,004...0,008$ м.

З формули (5.118) розрахуємо довжину ножового приладу, м:

$$l = \frac{Q_m}{v_p \cdot \rho \cdot \varphi \cdot K \cdot m_{cp}}. \quad (5.119)$$

Щоб забезпечити задану продуктивність машини, подача шнека $Q_{ш}$, кг/с повинна бути такою як і продуктивність машини, тобто $Q_{ш} = Q_m$.

Подачу шнека, кг/с можна виразити за такою формулою:

$$Q_m = A \cdot v_n \cdot \rho_n \cdot \varphi_z \cdot \varphi_n, \quad (5.120)$$

де A - площа поперечного перерізу у зоні подавання продукту, м²;

v_n - швидкість руху яблук вздовж шнека, м/с;

φ_z - коефіцієнт заповнення порожнини шнека;

φ_n - коефіцієнт нахилу витків шнеку.

$$v_n = S_{ш} \cdot n_{ш} \cdot k_e \cdot k_n, \quad (5.121)$$

де $S_{ш}$ - крок шнека, м;

$n_{ш}$ - частота обертання шнека, об/с.;

k_e - коефіцієнт який враховує товщину витків та їх профіль;

k_n - коефіцієнт який враховує оберти продукту разом із шнеком;

При розрахунку приймається: коефіцієнт $\varphi_z = 0,2...0,35$; для кута нахилу витка $20...45^\circ$ $\varphi_n = 0,6...0,45$; $k_e = 0,6...0,9$; $k_n = 0,3...0,4$.

Розглянемо співвідношення конструктивних параметрів шнека:

- крок шнека, мм повинен бути

$$S_{ш} = 2 \cdot M, \quad (5.122)$$

де M - середній діаметр шматків, які надходять на подрібнення, мм.

Ширина завантажувального вікна дорівнює зовнішньому діаметру шнека

$$B_e = D_{ш}, \quad (5.123)$$

а довжина повинна бути

$$L_e \geq S_{ш}. \quad (5.124)$$

Довжина шнека, мм розраховується за формулою

$$L_{ш} = S_{ш} \cdot K_0, \quad (5.125)$$

де K_0 - коефіцієнт, що враховує перекриття завантажувального вікна.

Коефіцієнт приймається $K_0 = 1,1...2$.

Внутрішній діаметр шнека, мм рекомендують приймати:

$$d_{\text{в}} = (0,25...0,4) D_{\text{ш}}. \quad (5.126)$$

Площа поперечного перерізу, мм^2 у зоні подачі продукту:

$$A = 0,25\pi (D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{в}}^2). \quad (5.127)$$

Частота обертання шнека, об/с повинна бути не менша за:

$$n_{\text{ш.мін}} = \frac{Q_{\text{ш}}}{A \cdot \rho \cdot S_{\text{ш}} \cdot \varphi_3 \cdot \varphi_n \cdot k_{\text{в}} \cdot k_n}, \quad (5.128)$$

Продуктивність ножового пристрою (тертки), кг/с повинна бути рівною продуктивності машини. Продуктивність тертки виразимо формулою

$$Q_m = V \cdot n \cdot \gamma, \quad (5.129)$$

де γ - об'ємна вага подрібненої маси яблук, $\gamma = 585...680 \text{ кН/м}^3$;

V - об'єм продукту, який зрізала терка за один оберт ротора, м^3

$$V = \pi \cdot R_m \cdot n \cdot l \cdot Z \cdot k_{\text{к}} \cdot k_3 \cdot k_c, \quad (5.130)$$

де R_m - радіус камери різання, м;

Z - кількість лопатей, $Z = 2...4$, шт.;

$k_{\text{к}}$ - конструктивний коефіцієнт використання терки, $k_{\text{к}} = 0,4...0,45$;

k_3 - коефіцієнт заповнення простору між лопатками, $k_3 = 0,35...0,45$;

k_c - коефіцієнт деформації і зминання продуктів, $k_c = 0,1...0,5$.

Радіус камери різання, м

$$R_m = \frac{Q_m}{\pi \cdot n \cdot \gamma \cdot l \cdot Z \cdot k_{\text{к}} \cdot k_3 \cdot k_c}. \quad (5.131)$$

Площа поверхні тертки, м^2

$$A_m = \pi \cdot R_m \cdot l. \quad (5.132)$$

Площа отвору в тертці, м^2

$$A_{\text{отв}} = 0,25\pi \cdot d_{\text{отв}}^2. \quad (5.133)$$

Кількість отворів в тертці, шт

$$z_{\text{отв}} = A_m \cdot \varphi / A_{\text{отв}}, \quad (5.134)$$

де φ - коефіцієнт використання площі терки під отвори, $\varphi = 0,6...0,7$.

Потужність, необхідна для роботи дробарки, витрачається на подолання сили опору різання, сили тертя при контакті продукту з циліндрами камери різання і сили тертя при ковзанні продукту по лопатям ротора і тертки.

Потужність, яка витрачається на подолання опору різання, Вт:

$$P_1 = F_p \cdot R_m \cdot \omega_p \cdot l \cdot Z \cdot k_k \cdot k_z, \quad (5.135)$$

де F_p - загальне зусилля різання, Н;

Потужність, потрібна на подолання сили тертя, що виникає при контакті продукту з диском і лопатями крилача, Вт.

$$P_2 = F_n \cdot v_o, \quad (5.136)$$

де F_n - сила переміщення продукту по тертці і лопатям ротора, Н.

Швидкість переміщення продукту, м/с залежить від частоти обертання ротора n_p , товщини зрізаної стружки h_{zp} і числа лопатей Z_l :

$$v_o = \frac{1}{60} h_{zp} \cdot Z_l \cdot n_p. \quad (5.137)$$

Сила опору переміщення яблук, Н складається з двох доданків: сили тертя, що виникає під дією сили тяжіння при переміщенні яблук по тертці і сили тертя яблук по лопаті, яка виникає від сили Коріоліса

$$F_n = F_{mg} + F_{m.kor}, \quad (5.138)$$

Після підстановок і перетворень формула визначення потужності P_2 приймає вигляд:

$$P_2 = \frac{Q \cdot R_m \cdot f}{102 \cdot 60 \cdot Z_l \cdot g} \left(g + \frac{\pi \cdot n_p^2 \cdot h_{zp} \cdot Z_l}{900} \right), \quad (5.139)$$

де f - коефіцієнт тертя яблук по лопатям.

Потужність Вт, витрачена на подолання сили тертя, виникаючих при контакті яблук з терткою

$$P_3 = \frac{M \cdot n_p}{9550}, \quad (5.140)$$

де M - момент опору сил тертя, Н·м.

Момент опору, Н·м визначається як:

$$M = F_{\text{вц}} \cdot R_m \cdot K_2, \quad (5.141)$$

де $F_{\text{вц}}$ - відцентрова сила, Н;

K_2 - коефіцієнт, враховуючий зменшення сили тертя за рахунок зрізання продукту приймається $K_2 = 0,3$;

Оскільки відцентрова сила знаходиться з виразу

$$F_{\text{вц}} = m \cdot \omega^2 \cdot R_m, \quad (5.142)$$

маса продукту, кг за виразом:

$$m = \frac{Q \cdot R_m}{h_{\text{зр}} \cdot Z_{\text{л}}^2 \cdot n_p \cdot g}. \quad (5.143)$$

а кутова швидкість, рад/с як:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_p}{30}. \quad (5.144)$$

то формула (5.140) приймає вид

$$P_3 = \frac{\pi \cdot Q \cdot R_m \cdot n_p^2 \cdot K_2}{54 \cdot 9550 \cdot h_{\text{зр}} \cdot Z_{\text{л}}^2}. \quad (5.145)$$

Загальна потужність потрібна для приводу відцентрової дробарки, Вт

$$P = P_1 + P_2 + P_3. \quad (5.146)$$

Розрахункова потужність електродвигуна, Вт

$$P_{\text{ед}} = P / \eta_{\text{заг}}, \quad (5.147)$$

де $\eta_{\text{заг}}$ - загальний ККД привода.

Якщо привод дробарки складається з клинопасової передачі, з'єднання вала подрібнювача і приводного вала виконане за допомогою пружної муфти, то загальний ККД визначиться як:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{кп}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{пн}}^2, \quad (5.148)$$

де $\eta_{\text{кп}}$ - ККД клинопасової передачі (0,94...0,96);

$\eta_{\text{пн}}$ - ККД пари підшипників (0,99...0,995);

η_m - ККД муфти, (0,98...0,99)