УДК 66.982

В. П. Сиваков, И. К. Кашапов

КОМПОНЕНТНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА МОЩНОСТИ ПРИВОДА ВИНТОВОГО ПИТАТЕЛЯ

Ключевые слова: питатель винтовой, мощность, работа, плотность, момент сопротивления.

Определены основные составные части энергетических затрат в винтовом питателе. Разработан компонентный метод расчета мощности для рационального выбора электромеханического привода винтового питателя.

Keywords: screw feeder, capability, power, density, modulus of resistance.

The main components of power consumption in the screw feeder are identified. The component method of power calculation is developed for rational choice of an electromechanical drive gear of the screw feeder.

В установках непрерывной варки целлюлозы и в других аппаратах по переработке растительного сырья широко применяются винтовые питатели [1].

Загрузочным цилиндрическим витком винта (рис. 1) питателя задается производительность варочной установки по щепе. В прессующей части винта щепа уплотняется за счет конусности и изменения шага винта. Уплотненная щепа перемещается винтом в пробкообразователь загрузочной линии варочной установки.

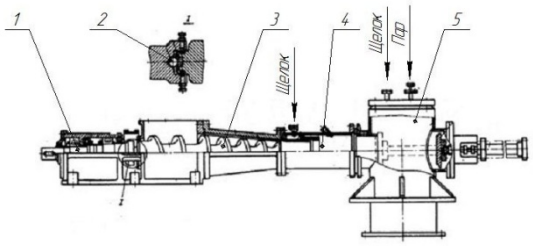

Рис. 1 - Питатель винтовой: 1 – приводной вал; 2 – шаровая опора; 3 – винт-пресс; 4 – пробкообразователь; 5 – отводящий патрубок

Мощность на валу винта определяется по удельному расходу энергии [2] по формуле

$$N_в = a_y \cdot M_д, \text{ КВт}, \qquad (1)$$

где $M_д$ – производительность питателя, тонн абсолютно сухой щепы в час (т а. с. щепы/ч); a_y – удельный расход энергии, КВт · ч/ т а. с. щепы;

Удельный расход энергии в настоящее время определяют из опыта эксплуатации приблизительно.

При расчете мощности по удельному расходу энергии не учитывается влияние отдельных компонентов расхода мощности на общую потребляемую приводом питателя мощность. Расчетные данные по составным частям расхода мощности позволяют при проектировании и модернизации питателя применить конструктивные и технологические решения минимизирующие энергопотребление.

Мощность, затраченную на уплотнение и перемещение щепы в винтовом питателе можно более точно рассчитать по формуле

$$N = \frac{k_y \cdot \pi \cdot n}{30 \cdot \eta}\left[A + \sum_{i=1}^{n} T_i \right] \cdot 10^{-3}, \text{ КВт}, \qquad (2)$$

где k_y – коэффициент установочной мощности;

$n_{\max}$ – максимальная частота вращения винта, мин$^{-1}$;

A – работа затраченная на увеличение плотности щепы, $H \cdot м$;

η – коэффициент полезного действия привода.

$\sum_{i=1}^{n} T_i$ – общий момент сопротивления перемещению щепы.

Основные компоненты мощности привода определяются раздельно [3], что повышает точность их расчета и обеспечивает более рациональное определение мощности привода винтового питателя.

$$A = \varepsilon \cdot p \cdot V_з, H \cdot м, \qquad (3)$$

где ε – коэффициент относительного увеличения плотности щепы [4];

p – осевое давление на пробку щепы, Па;

$V_з$ – объем загрузочного витка винта, м^3.

$$\varepsilon = \frac{\rho_n - \rho_3}{\rho_3}, \qquad (4)$$

где ρ_n и ρ_3 – плотность щепы в пробкообразователе и в загрузочном витке витка соответственно.

Общий момент сопротивления перемещению щепы определяется по формуле:

$$\sum_{i=1}^{6} T_i = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6, \qquad (5)$$

где T_1 – момент сопротивления щепы вращению винта, $H \cdot м$;

T_2 и T_3 – моменты трения щепы соответственно по лопасти винта и боковой поверхности конического корпуса питателя.

T_4 – момент трения в упорном подшипнике;

T_5 – момент трения в радиальных подшипниках;

T_6 – момент трения в шаровой опоре.

$$T_1 = k_1 \cdot F_1 \cdot \frac{d_c}{2} \cdot f_\sigma, H \cdot м \qquad (6)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий крошение щепы;

f_σ – коэффициент внутреннего трения щепы;

F_1 – сила от давления щепы на винт, Н;

d_c – средний диаметр лопасти винта, мм;

$$d_c = \frac{D_1 + D_2}{2}, \qquad (7)$$

где D_1, D_2 – наружный диаметр лопастей первого и последнего витков конической части винта соответственно;

$$F_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d_c^2 \cdot p \text{ , Н} \qquad (8)$$

где p –осевое давление на пробку щепы, Па;

$$T_2 = z_в \cdot \sum_{i=1}^{n} (F_{2i} \cdot R_{Tpi}) \text{ ,Н} \cdot \text{м} \qquad (9)$$

где $z_в$ – число витков винта;

F_{2i} – сила трения между щепой и поверхностью лопасти в пределах i-го шага винта;

R_{Tpi} – радиус трения i-го витка;

$$F_{2i} = 2p_c \cdot f_2 \cdot \left[\frac{(R_{Tpi}^2 - r_i^2)}{2} + \frac{(R_{вi}^2 - r_i^2) \cdot \sin\frac{\alpha_{вi}}{2}}{3} \right] \qquad (10)$$

где f_2 – коэффициент трения между щепой и лопастью;

r_i – радиус вала i-го витка;

$R_{вi}$ – радиус лопасти i-го витка;

$\alpha_{вi}$ – угол подъема винтовой линии i-го витка;

$$R_{Tpi} = \frac{2}{3} \cdot \frac{R_{вi}^3 - r_i^3}{R_{вi}^2 - r_i^2}, \qquad (11)$$

p_c – среднее давление на поверхность корпуса, Па,

$$p_c = \frac{p}{2}; \qquad (12)$$

$$T_3 = p_c \cdot f_3 \cdot S \cdot \frac{D_c}{2} \text{ , Н} \cdot \text{м} \qquad (13)$$

где f_3 – коэффициент трения между щепой и стенкой корпуса питателя;

S – площадь боковой поверхности конической части корпуса, $м^2$,

$$S = \frac{\pi \cdot l \cdot (D_1 + D_n)}{2}, \qquad (14)$$

Компонентный метод определения мощности обеспечивает рациональный выбор электромеханического привода винтового питателя.

Литература

1. Вураско А.В. Получение и применение полимеров из недревесного растительного сырья / Вураско А.В.; Дрикер Б.Н.; Мертин Э.В. // Вестник Казанского государственного технологического университета. – 2012. – №6. – С.128-132.
2. Тордуа Г.А. Машины и аппараты целлюлозного производства/ Тордуа Г.А.// Машины и аппараты целлюлозного производства: Учебное пособие для вузов/ М. Лесная промышленность, 1986, С.440.
3. Камель Г.И. Исследование влияния эксплуатационных параметров при компенсации зазора в питателе «Камюр». / Камель Г.И.// Машины и аппараты целлюлозного производства: Сб. науч.тр./ СПбГТУРП – СПб, 1998, С.89-94.
4. Голынский М.Ю. Некоторые вопросы уплотнения технологической щепы при ее хранении в бункерах [Текст] / М.Ю. Голынский // Вибродиагностика, трибология, вибрация и шум : монографический сб. мат. семинара VII междунар. научн.-техн. конф. «Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса». – Екатеринбург, 2009, С.180-185.

© В. П. Сиваков - д.т.н., профессор, заместитель директора института автомобильного транспорта и технологических систем, УГЛТУ, sivakov@usfeu.ru; **И. К. Кашапов** - аспирант кафедры машины и оборудование целлюлозно-бумажных производств, институт автомобильного транспорта и технологических систем, УГЛТУ, ildar_999@bk.ru.