ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ПЛЮЩЕНИИ ЗЕРНА

В. Злочевский, д-р техн. наук, профессор, **Е. Чикина**
ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Плющение зерна широко используется при производстве кормов для сельскохозяйственных животных, как на комбикормовых предприятиях, так и в фермерских хозяйствах. Для этого, как правило, применяют плющильные вальцовые станки, в которых зерно обрабатывается в клиновидном зазоре, образованном двумя параллельными валками, вращающимися навстречу друг другу с одинаковой окружной скоростью. Как известно, усилия сжатия являются для зерна наиболее разрушительными по сравнению с другими видами деформации [1]. Этот факт в сочетании с особенностями конструкции плющильного станка обусловливает его высокое энергопотребление.

Один из способов снижения энергоемкости процесса плющения — деформационное воздействие на зерно в клиновидном зазоре, образованном неподвижной и колеблющейся криволинейными поверхностями. Техническое решение этого способа представлено на рисунке 1 и заключается в использовании в качестве рабочего органа цилиндра 6, установленного в подвесе 5, закрепленном на оси качания 11, и совершающего маятниковые колебания с амплитудно-частотной характеристикой A_0, ω_0 относительно неподвижной опорной поверхности 3, на которую подается зерно [2]. Цилиндр имеет возможность вращаться вокруг своей оси с частотной характеристикой ω_1. Между ним и опорной поверхностью зазор регулируется.

Зерно подается на неподвижную опорную поверхность непосредственно в зону плющения. По ходу движения цилиндра вправо обрабатываемый продукт поступает на неподвижную опорную поверхность по направлению 1. Цилиндр, проходя над зерном, воздействует на него с усилием и за счет возникающих между ними сил трения поворачивается вокруг своей оси в сторону, противоположную своему колебательному движению. Таким образом, в рабочей зоне контакта цилиндра с зерном возникает мгновенный центр скоростей, и усилие, с которым цилиндр действует на продукт, сводится к усилиям сжатия. Затем продукты плющения выводятся по направлению 1 в лоток 9. При движении цилиндра влево зерно поступает и выводится по направлению 2. Распределение подачи зерна по каналам входного патрубка 7 осуществляется посредством перекидного клапана 10. Сбор и вывод продуктов плющения обеспечивают попеременно опускающиеся и поднимающиеся при смене маятником направления движения щетки 8.

В процессе плющения рабочие органы испытывают сопротивление со стороны деформируемых зерновок. Мощность, необходимая для преодоления этого сопротивления, составляет большую часть мощности привода установки. На рисунке 2 представлены схемы взаимодействия рабочих органов маятниковой плющильной установки и плющильного вальцового станка с обрабатываемым зерном.

Согласно теории В.П. Горячкина применительно к процессу плющения, сила сопротивления зерна деформации направлена к центру валка под некоторым углом μ, называемым углом трения качения [3]. В.П. Горячкин предложил следующую формулу для определения силы, необходимой для приведения валка в движение:

$$F = \frac{3}{4} \cdot P_{\max} \sqrt{\frac{h}{2R}},$$

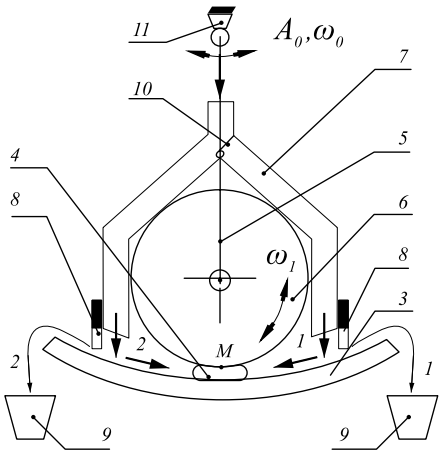

Рис. 1. Схема маятниковой плющильной установки:
1, 2 — направления подачи исходного и вывода готового продуктов;
3 — опорная поверхность;
4 — зерновка; 5 — подвес цилиндра;
6 — цилиндр; 7 — входные патрубки;
8 — щетки для сбора продуктов плющения; 9 — выходные патрубки;
10 — перекидной клапан;
11 — ось качания маятника

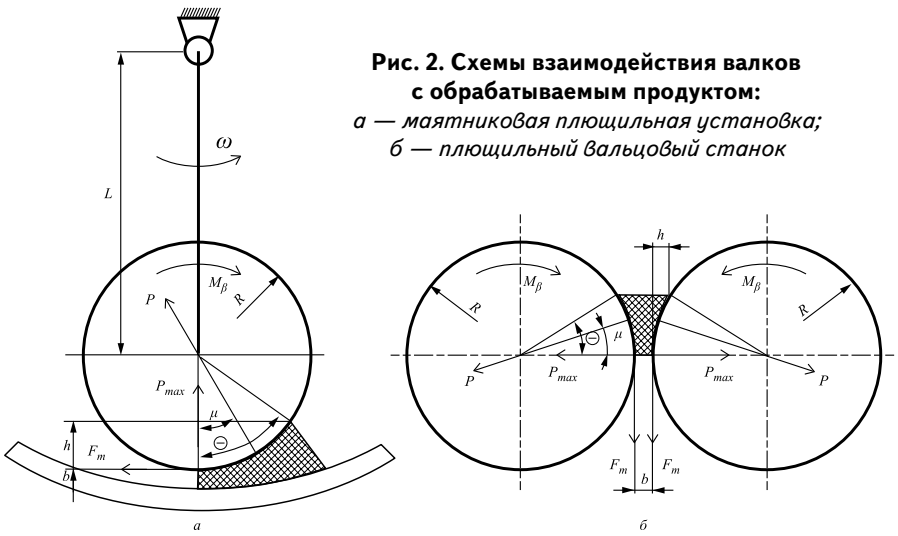

Рис. 2. Схемы взаимодействия валков с обрабатываемым продуктом:
а — маятниковая плющильная установка;
б — плющильный вальцовый станок

где P_{max} — максимальное усилие со стороны зерна, направленное к центру рабочих органов вдоль всей их длины, Н;

h — глубина погружения валка в зерно, м;

R — радиус валка, м.

Исходя из этой формулы, момент вращения валка для преодоления сопротивления зерна деформации равен:

$$M_в = \frac{3}{4} \cdot P_{max} \sqrt{\frac{Rh}{2}}.$$

Мощность, затрачиваемая на вращение тела:

$$N = M \cdot \omega,$$

где M — момент, приложенный к телу, Н•м;

ω — угловая скорость тела, рад/с.

Для маятниковой плющилки в связи с особенностями ее конструкции момент вращения цилиндра можно найти по формуле:

$$M = \frac{M_в}{R} \cdot L,$$

где L — длина подвеса цилиндра, м.

Угловая скорость маятника, принимаемая постоянной в течение его рабочего хода, то есть при прохождении опорной поверхности с расположенным на ней зерном, когда происходит процесс плющения, определяется по следующей формуле:

$$\omega = \frac{v_м}{L},$$

где $v_м$ — скорость центра масс маятника, который ориентировочно находится в центре масс цилиндра, м/с.

Таким образом, мощность, затрачиваемая на процесс плющения в маятниковой плющилке, равна:

$$N_{мп} = \frac{M_в \cdot v_м}{R}.$$

Для плющильного вальцового станка $M = M_в$, а угловая скорость валка:

$$\omega = \frac{v_в}{R},$$

где $v_в$ — окружная скорость валка, м/с.

Мощность, затрачиваемая на процесс плющения в плющильном вальцовом станке, определяется по формуле:

$$N_{пвс} = 2 \cdot \frac{M_в \cdot v_в}{R}.$$

Если принять равными радиусы валков плющильного вальцового станка и маятниковой плющилки, а также скорости $v_м$ и $v_в$, то различие их мощностей будет определяться величиной момента $M_в$. Отношение момента плющильного вальцового станка к моменту маятниковой плющилки имеет вид:

$$\frac{N_{пвс}}{N_{мп}} = \frac{2 \cdot M_в}{M_в} = \frac{2 \cdot P_{max}^{пвс}}{P_{max}^{мп}} \cdot \sqrt{\frac{h_{пвс}}{h_{мп}}}.$$

В маятниковой плющилке угол захвата зерновки больше, чем в плющильном вальцовом станке, следовательно, зерновка проходит больший путь от момента захвата до максимальной деформации, то есть ее сжатие происходит продолжительнее. Известен тот факт, что при быстром нагружении предел прочности зерновки увеличивается по сравнению с медленным нагружением [4, 5]. Поэтому при одинаковых радиусах рабочих органов, скоростях и зазоре $P_{max}^{мп}$ величина должна быть меньше $P_{max}^{пвс}$.

Поскольку в данной работе влияние скорости нагружения на сопротивляемость зерновки деформации не исследуется, то при одинаковом зазоре в обоих случаях принимается $P_{max}^{пвс} = P_{max}^{мп}$.

Величина погружения валка в зерновой материал находится из уравнения:

$$h = R(1 - \cos\theta),$$

где θ — угол захвата зерновок валком, м.

Для маятниковой плющилки с радиусом цилиндра R = 150 мм, длиной подвеса L = 400 мм, радиусом кривизны опорной поверхности $R_{оп}$ = 550 мм при зазоре b = 0,5 мм угол захвата θ = 14° и $h_{мп}$ = 0,00446 м. Для плющильного вальцового станка с такими же радиусами валков и зазором угол захвата θ = 9° и $h_{пвс}$ = 0,00185 м.

Таким образом, отношение можно записать в виде:

$$\frac{N_{пвс}}{N_{мп}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,00185}{0,00446}} = 1,29.$$

Итак, расчеты доказывают, что на процесс плющения в маятниковой плющилке тратится на 29% мощности меньше, чем в плющильном вальцовом станке.

Литература

1. *Гиршсон В.Я.* Экспериментальные исследования процессов технологии зерна / В.Я. Гиршсон. — М., 1949. — 152 с.
2. Патент РФ № 2378053, МПК B02C 4/10 (2006. 01), B02C 15/04 (2006. 01). Устройство для плющения зерновых материалов / В.Л. Злочевский, Д.А. Сорокин, Е.Ю. Чикина, Е.Н. Попок. — Заявлено 22.09.2008; Опубликовано 10.01.2010, Бюл. №1. — 7 с. : ил.
3. *Горячкин В.П.* Собрание сочинений. В 3 т. Т.1 / В.П. Горячкин. — 2-е изд. — М. : Колос, 1968. — 720 с.
4. *Наумов И.А.* Совершенствование кондиционирования и измельчения пшеницы и ржи / И.А. Наумов. — М. : Колос, 1975. — 176 с.
5. *Хусид С.Д.* Измельчение зерна / С.Д. Хусид. — М. : Хлебоиздат, 1958. — 248 с.: ил.

МОНТАЖ

ОАО «Монтаж, наладка технологий агропромышленных комплексов»

- Монтаж технологического, электротехнического оборудования при строительстве и реконструкции элеваторов, мельниц, комбикормовых заводов и других предприятий агропромышленного комплекса.
- Монтаж электротехнического оборудования.
- Изготовление и монтаж металлоконструкций по чертежам Заказчика и нестандартизированного оборудования.

191028, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 10, Тел: (812) 273-25-01, тел./факс (812) 272-33-41
E-mail: montak.pto@mail.ru http://www.montak.ru