

УДК 636.085.54:631.363.286

UDC 636.085.54: 631,363,286

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ВИБРАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ С БОЛЬШОЙ АМПЛИТУДОЙ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ КОМПОНЕНТОВ КОРМОВ

VIBRATION TECHNOLOGY WITH A LARGE AMPLITUDE OF PARTICLE MOTION OF FEED COMPONENTS

Марченко Алексей Юрьевич
к.т.н., доцент

Marchenko Alexey Yurievich
Cand.Tech.Sci., associate professor

Кузнецова Наталья Николаевна
ст. преподаватель
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Kuznetsova Natalia Nikolaevna
senior lecturer
Kuban State Agricultural University, Krasnodar, Russia

Вскрыто противоречие между способом технологического воздействия и способом осуществления технологического транспорта в существующих процессах приготовления кормов. Показана возможность устранения этого противоречия за счет применения принципиально нового технологического оборудования на базе релятивных винтовых барабанов и возможность повысить их производительность. В предлагаемых конструкциях вибрационных машин вибровозбудители, как таковые, отсутствуют, необходимость в них отпала, поскольку движение частиц масс загрузки обеспечивают оригинальные конструкции релятивных винтовых барабанов, совершающих вращательное движение вокруг собственной оси. Для осуществления процесса приготовления кормов геометрия релятивного винтового барабана и ее динамика должны быть своеобразны: форма, пространственная ориентация, воздействие сил, обеспечивающих частицам компонентов кормов одновременно вращательно-поступательное и колебательное движение. В результате этого, непрерывно движущиеся через внутреннюю полость релятивного винтового барабана частицы компонентов кормов, осуществляют внутри релятивного винтового барабана поступательно-вращательное движение с наложенными колебаниями, в результате чего частицы компонентов кормов интенсивно перемешиваются

The article has revealed the contradiction between the way of technological impact and the means of implementation of technological transport in existing processes of feed preparation. There has been shown the possibility of eliminating this contradiction by means of completely new technological equipment on the basis of relative screw drums and the opportunity to improve their productivity. There are no exciters in the offered design of vibrating machines. There is no need for them because the movement of mass loading particles is provided by the original constructions of relative screw drums committing a rotary motion around its own axis. For implementing of feed preparation process the geometry of the relative screw drum and its dynamism must be individual: the shape, spatial orientation, the impact of forces providing feed components particles simultaneously with rotational-translational and vibrational motion. In the result, the continuously running through the inner cavity of the relative screw drum particles of feed components perform rotational-translational movements with super imposed vibrations inside this drum, due to this process the particles of feed components are mixed intensively

Ключевые слова: ВИБРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, АМПЛИТУДА, РЕЛЯТИВНЫЙ ВИНТОВОЙ БАРАБАН

Keywords: VIBRATION TECHNOLOGY, AMPLITUDE, RELATIVE HELICAL DRUM

В развитии технологических процессов и машин существует тенденция, определяемая взаимозависимостью их основных функций, транспортных и технологических движений. Транспортное движение –

всего лишь перемещение предметов, в том числе частиц компонентов кормов, через зону обработки, технологическое – это движение, которое производится с предметом, в данном случае – приготовление кормов. В настоящее время в нашей стране создан новый класс рабочих органов машин–названные нами релятивными винтовыми барабанами. По классификации академика Л. Н. Кошкина, они относятся к машинам четвертого класса, и их предлагается использовать для приготовления кормов [1]. Эти машины соединяют относительно независимые, взаимосвязанные технологические операции – использование вибрационного поля с большой амплитудой колебаний и поточной формы организации производства. В основу таких машин могли бы быть положены шнековые устройства, обеспечивающие непрерывное транспортное движение масс загрузки. Однако, одно только транспортное движение со стационарным характером движения потоков компонентов кормов надлежащего эффекта не приносит.

При особом подходе к конструированию рабочих поверхностей шнека оказалось возможным совместить транспортные и технологические функции. Эта возможность реализуется за счет оформления винтовых поверхностей шнека по его периметру плоскими элементами, разнонаправленными по отношению к винтовым линиям. Такие устройства нами были названы релятивными винтовыми барабанами. За последние годы на эти релятивные винтовые барабаны нами получено свыше 35 патентов на изобретения в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства. В настоящее время известны конструкции 56 релятивных винтовых барабанов, с помощью которых можно управлять сложно пространственным движением потока частиц компонентов кормов с большой амплитудой движения [2,3].

Указанные соображения послужили основой и для разработки классификации релятивных винтовых барабанов, которая приведена в

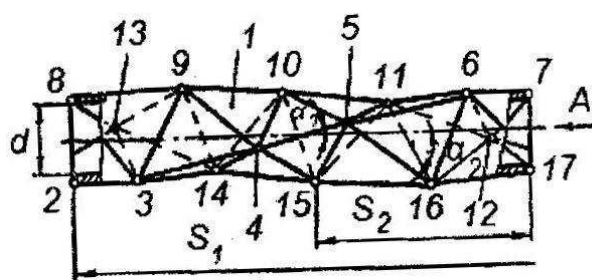
нашей работе [3].

В основу классификации релятивных винтовых барабанов приняты технические характеристики-параметры, создающие в совокупности поверхность релятивных винтовых барабанов.

Изменяя эти технические характеристики, оказалось возможным управлять сложно пространственным движением потоков частиц компонентов кормов с большой амплитудой движения.

Например, на рисунке 1 представлен релятивный винтовой барабан, у которого дискретные плоские рабочие поверхности, в виде равносторонних треугольников, располагаются вдоль трех ломанных винтовых линий основного направления с шагом S_1 : 2-3-4-5-6-7; 8-9-10-11-12;

13-14-15-16-17, и
линий



направления: 12-16-5-10-14-3-8; 17-6-11-15-4-9-13 с шагом S_2 .

Рисунок 1 Цилиндрический релятивный винтовой барабан Ц.5.1 с тремя ломанными винтовыми линиями основного направления и двумя ломанными линиями противоположного направления

Итак, релятивные винтовые барабаны для приготовления кормов, представляющие собой сложные пространственные конструкции, имеют сходство со шнековыми устройствами. Наиболее близко это сходство

проявляется в цилиндрических релятивных винтовых барабанах Ц7.1, Ц7.2, Ц7.3, Ц7.4, Ц7.5 класса [2,3].

Постараемся представить себе движение шара (в пределах материальной точки) при вращении релятивного винтового барабана, заключенного в цилиндрическую оболочку (рисунок 2а).

Находясь в определенной точке плоской поверхности вращающегося релятивного винтового барабана, шар перемещается ею на соседнюю плоскую поверхность (эффект шнека) и в осевом направлении. Попав на соседнюю поверхность, имеющую противоположное направление, шар изменит направление осевого перемещения. Затем он снова попадет на эту поверхность, с которой началось движение, и т.д, т.е., в конечном итоге, результирующего осевого перемещения шар не получит.

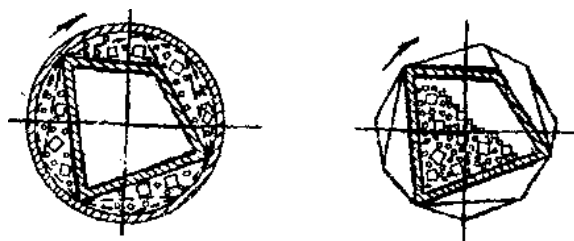


Рисунок 2 – Схема загрузки частицами компонентов кормов релятивного винтового барабана Ц5.1

- а) в пространстве между стенками релятивного винтового барабана Ц5.1 и внутренней поверхностью цилиндра;
- б) внутри релятивного винтового барабана Ц5.1

Иное дело, когда частицы компонентов кормов находятся внутри релятивного винтового барабана. В этом случае результирующая осевого перемещения всей массы загрузки (частицы компонентов кормов) обязательно будет иметь место и это определяется соотношением винтовых параметров разнонаправленных винтовых поверхностей. Таким образом, разнонаправленность винтовых поверхностей релятивных винтовых барабанов создает эффект перемешивания масс загрузки (частиц компонентов кормов), т.е. способствует интенсификации процесса приготовления кормов.

В действительности, оказалось более удобным загружать частицы компонентов кормов во внутрь релятивного винтового барабана. По сравнению с внешним расположением, здесь значительно выше интенсивность взаимодействия частиц компонентов кормов. Что же касается рассуждений о выявленном направлении осевого перемещения, то, в принципе, они остаются такими же. При внутреннем расположении частиц компонентов кормов, т.е., при отсутствии внешних ограничивающих устройств в значительной мере действует эффект шнека. Поэтому в предлагаемой математической модели этот эффект не учитывается.

На основании пояснений, изложенных выше, можно представить всю сложность происходящих явлений и характер движения частиц компонентов кормов внутри релятивного винтового барабана. Этим можно заранее объяснить те приближения и допущения, которые были сделаны при создании математических моделей, описывающих процессы движения частиц масс загрузки в релятивных винтовых барабанах.

В релятивном винтовом барабане при внутреннем расположении загрузки уравнение движения частиц масс загрузки в пределах материальной точки имеет вид [4]:

$$\begin{cases} m \cdot V_j = -P \cdot \cos \varphi \cdot \sin j - F_{тр,j} \\ m \cdot r \cdot \varphi = -P \cdot \cos \varphi - F_{тр.} \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{где} \quad V_j = r \cdot \varphi \cdot \sin j, \quad F_{тр,j} = F_{тр.} \cdot \sin j, \quad F_{тр.} = \mu \cdot N \quad (2)$$

μ – коэффициент трения между частицами масс загрузки;

N – сила нормального давления $N=P \cdot \sin \varphi - F_n$;

F_n – величина центростремительного ускорения $F_n=m \cdot r \cdot \varphi^2$;

r – радиус шара, вписанного в полость релятивного винтового барабана
 $r=f(a)$;

a – наибольший размер плоского элемента (например, сторона

равностороннего треугольника);

m – масса моделируемых движущихся материальных точек M (при этом может быть m_1 – масса крупной частицы компонентов кормов в виде шара радиусом r_1 , m_2 – масса мелкой частицы компонентов кормов в виде шара радиуса r_2 ;

φ – угол поворота релятивного винтового барабана;

ρ – радиус вращения вращающегося релятивного винтового барабана;

P – сила тяжести $P=m \cdot g$.

Используя начальные условия с учетом некоторых допущений, после интегрирования и преобразований получим простейшие формулы для расчета скорости движения вдоль винтовой линии V_j , скорости продольного перемещения V_z и длины релятивного винтового барабана $L_{p.k.}(Z)$:

$$V_j = \sin j \cdot \sqrt{\omega^2 \cdot r^2 - 2g \cdot r(1 + \sin \varphi)} - \omega \cdot r \cdot \sin j \quad (3)$$

$$V_z = \operatorname{tg} j \left[-\omega \cdot r + \sqrt{\omega^2 \cdot r^2 - 2g \cdot r \cdot (1 + \sin \varphi)} \right] \quad (4)$$

$$Z = r \cdot \operatorname{tg} j \cdot (\theta - \omega \cdot t) \quad (5)$$

где

$$\frac{\theta}{2} = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} \quad (6)$$

Интервальная оценка числовых характеристик релятивных винтовых барабанов с помощью зависимостей (3), (4), (5) показала их некоторые отличия от реального процесса движения в релятивных винтовых барабанах, поэтому, в дальнейших исследованиях следует учитывать контактные силы – силы, образующиеся в результате соударений и обкатывания, а также силы увлечения массы загрузки стенками релятивного винтового барабана.

В условиях Пуассоновского распределения потока

контактирования, сила трения между телами может быть определена зависимостью [5]:

$$F_{\text{тр.}} = \mu \cdot P m^1 \cdot N \quad (7)$$

где общий вероятный коэффициент $P m^1$ контактов m^1 частиц масс загрузки представлен в виде:

$$P_{m^1} = 0,82 \cdot \left(1 - \sum_{i=0}^{k-1} P_{i,n}\right) \cdot \left(1 - \frac{(k \cdot q)^{m^1}}{m^1} \cdot e^{-k \cdot q}\right) \quad (8)$$

$$P_{i,n} = C_n^i \cdot p^i \cdot (1 - p)^{n-i}, q = e^{-\lambda(\varphi)}$$

где:

C_n^i – число сочетания из n - элементов по i ;

P – вероятностная характеристика, уточняемая экспериментальным путем ($p=0,25$);

$\lambda(\varphi)$ – математическое ожидание числа покрытий поверхности шарового пояса S_{m1} площадями поперечного сечения шаров S_{m2} , т. е.

$$\lambda\varphi = \frac{S_{m1}}{S_{m1}} \cdot K(\varphi)$$

$K(\varphi) = \frac{1 - \sin \varphi}{2}$ – коэффициент, характеризующий степень покрытия в зависимости от угла поворота винтового агрегата, при $\varphi = \varphi_0 = -\frac{\pi}{2}$

(в точке «захвата масс»), $\lambda(\varphi) = \lambda_{\max} = \frac{S_{m1}}{S_{m1}}$ при $\varphi = +\frac{\pi^2}{2}$ соударений самое наименьшее (рассеивание шаров m_1 уже значительное $\lambda = \left(\varphi = +\frac{\pi}{2}\right) = \lambda_{\min} = 0$ близкое к нулю), т. е. соударение отсутствуют.

$$\text{Поэтому } \lambda(\varphi) = \frac{r_1}{r_2} \cdot (1 - \sin \varphi)$$

Сила нормального давления между контактирующими m_1 и m_2 поверхностями определяется зависимостью:

$$N = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot K_{\text{в}} \cdot r \cdot \varphi^2, \quad (9)$$

где

$$K_B = \frac{1}{2} \cdot (1 - K^2(\varphi)) \quad (10)$$

Сила, с которой масса загрузки увлекается стенками релятивного винтового барабана, может быть представлена в виде:

$$P_1 = \mu \cdot \frac{\pi}{3} \cdot j \cdot r \cdot K_c \cdot S_1 \cdot K_v \quad (11)$$

где K_c – коэффициент, учитывающий влияние частоты вращения винтового барабана;

S_1 – площадь поперечного сечения частицы;

j – удельный вес частиц масс загрузки

$K_v = \left(\frac{V_m}{V_{в.п.}} \right)$ – коэффициент заполнения объема релятивного винтового барабана;

V_m – объем массы загрузки;

$V_{в.п.}$ – объем внутренней поверхности релятивного винтового барабана;

μ – коэффициент трения между частицами масс загрузки и стенками релятивного винтового барабана, определяемый зависимостью;

$$\mu = \mu_{20} + b_2 \cdot \sigma_K + C_2 \cdot \sigma_K^2 \quad (12)$$

где σ_K – контактные напряжения между частицами масс загрузки между собой или частицами масс загрузки и стенками релятивного винтового барабана;

μ_{20} , b_2 , C_2 - физические коэффициенты.

С учетом (7), (9), (10), (11), (12) второе, уравнение системы (1) принимает вид:

$$\varphi = [K_1 - K_0] \cdot \cos \varphi + k_2 \cdot (\mu_{20} + b_2 \cdot \varphi + C_2 \cdot \varphi^2) \cdot \varphi^2, \quad (13)$$

где

$$K_1 - K_0 = (1 - \mu_1) \cdot \frac{q}{r}$$

$$K_1 = \frac{\mu \cdot \frac{\pi}{3} \cdot j \cdot K_c \cdot S_1 \cdot \frac{V_m}{V_{р.к.}}}{m_1}$$

$$K_0 = \frac{q}{r}; K_2 = -\frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot P_{m1} \cdot K_d$$

После интегрирования (13) методом последовательных приближений, получим:

$$\varphi = \sqrt{(1 + \mu_{20} \cdot K_2 \cdot (\pi + 2\varphi) \cdot \omega^2 + 2 \cdot (K_1 - K_0) \cdot (1 + \sin \varphi))} \quad (14)$$

Поскольку $V_z = (r \cdot \text{tgj} \cdot \varphi + C) < 0$ преобразований получим зависимость для определений скорости перемещения частиц компонентов кормов в релятивном винтовом барабане:

$$V_z = r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ -\omega + \sqrt{\omega^2 - 0,02 \cdot K_{10} \cdot \omega(1 + \sin \varphi)} \right\} \quad (15)$$

С учетом результатов экспериментальных исследований [2] на базе (15) получена упрощенная зависимость:

$$V_z = r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ -\omega + \sqrt{\omega^2 - 0,02 \cdot K_{10} \cdot \omega(1 + \sin \varphi)} \right\} \quad (16)$$

где

$$K_{10} = \mu_{10} \cdot \frac{\pi}{3} \cdot \frac{j}{m_1} \cdot S_1 \cdot \frac{V_m}{V_{p.k.}}$$

μ_{10} – некоторый коэффициент трения скольжения частиц компонентов кормов в релятивном винтовом барабане, например, $0,07 \leq \mu_{10} \leq 0,15$.

Используя результаты экспериментальных исследований, экстраполируя при $\varphi = -\frac{\pi}{4}; 0; \frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{2}$; с учетом построения ряда в форме Маклорена получили зависимость, согласно которой, для условий экспериментальных исследований, расчетные скорости движения частиц компонентов кормов в релятивных винтовых барабанах отличаются на 10-17%.

$$V_z = r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ -\omega + \sqrt{[1 - 0,018 \cdot (\pi + 2\varphi) \cdot \omega^2 - 2\omega \cdot (0,7 - 0,1\omega) \cdot (1 + \sin \varphi)]} \right\} \quad (17)$$

Используя экспериментальные данные с учетом экстремальных условий, выполнив прогнозирование характеристик, учитывающих

влияние скоростных режимов K_c и влияние соотношения объема массы загрузки и объема рабочей камеры релятивного винтового барабана K_v , запишем:

$$V_{z\left(\frac{\pi}{2}\right)} = r \cdot \operatorname{tg} j \cdot \left\{ -\omega + \sqrt{(1 + 2\mu_{20} \cdot K_2 \cdot \pi) \cdot \omega^2 + 4 \cdot (K_1 - K_0)} \right\} \quad (18)$$

$$Z_{\left(\frac{\pi}{2}\right)} = r \cdot \operatorname{tg} j \cdot \left\{ \frac{\pi^2}{2} \cdot \mu_{20} \cdot K_2 + \frac{\pi}{\omega^2} \cdot (K_1 - K_0) \right\} \quad (19)$$

Пользуясь зависимостями (18), (19), можно рассчитать скорость и длину продольного перемещения частиц компонентов кормов (масс загрузки) в общем виде.

С учетом проведенного анализа коэффициентов K_v и K_c получим:

$$(K_1 - K_0) = \frac{2}{\pi} \cdot \mu_{20} \cdot K_2 \cdot \omega^2 \quad (20)$$

Тогда формула (19) для определения расчетного продольного перемещения частиц компонентов кормов (масс загрузки) за один оборот примет вид:

$$Z = r \cdot \operatorname{tg} j \cdot (\pi^2 + 4) \cdot \mu_{20} \cdot K_2 \quad (21)$$

Зная общее время смешивания компонентов кормов можно определить общее количество оборотов $N_{об}$ и требуемую длину релятивного винтового барабана:

$$L_{p.k.} = r \cdot \operatorname{tg} j \cdot (\pi^2 + 4) \cdot \mu_{20} \cdot K_2 \cdot N_{об}^1 \quad (22)$$

Обозначив в (18) $\mu_{20} \cdot K_2 = \alpha(\omega)$; $K_1 - K_0 = \beta(\omega)$ получим выражение:

$$V_{z\left(\frac{\pi}{2}\right)} = r \cdot \operatorname{tg} j \cdot \left\{ -\omega + \sqrt{[1 + 2\pi \cdot \alpha_\omega] \cdot \omega^2 + 4\beta(\omega)} \right\} \quad (23)$$

согласно которому, средняя скорость перемещения частиц компонентов кормов в релятивном винтовом барабане оценивается:

$$V_n = 0,5 \cdot r \cdot \operatorname{tg} j \cdot \left\{ \omega - \sqrt{[1 + 2 \cdot \pi \cdot \alpha(\omega)] \cdot \omega^2 + 4\beta(\omega)} \right\} \quad (24)$$

Введя в (24) коэффициент «растяжения» как функцию A (ξ ; ω ; m ; m_2), получим:

$$V_n = 0,5 \cdot A \cdot \operatorname{tg} j \cdot \left\{ \omega - \sqrt{[1 + 2 \cdot \pi \cdot \alpha(\omega)] \cdot \omega^2 + 4\beta(\omega)} \right\} \quad (25)$$

где структура коэффициента A имеет вид:

$$A = \left[\frac{(1 + \xi)^{\frac{1}{\xi_{\max}}}}{(1 + \xi_{\max})^{\frac{1}{\xi_{\max}}}} \right]^{\delta_5} \cdot (1 + \Delta) \quad (26)$$

где δ_5 , Δ - поправочные коэффициенты.

Для выявления характера зависимостей $\alpha(\omega)$ и $\beta(\omega)$, между которыми существует связь:

$$\alpha(\omega) = \frac{\pi}{2 \cdot \omega^2} \cdot \beta(\omega) \quad (27)$$

функцию V_n представляем полиномом n -ной степени:

$$V_n = V_\omega = \sum_{i=0}^n C_i \cdot \omega_i \quad (28)$$

где C_i вычисляется как коэффициент интерполяционного полинома Лагранжа [4]:

$$V_{(\omega)}^n = \sum_{i=0}^n V_i^* \cdot \frac{(\omega - \omega_0) \cdot (\omega - \omega_{i-1}) \cdot (\omega - \omega_{i+1}) \cdot (\omega - \omega_n)}{(\omega - \omega_0) \cdot (\omega - \omega_{i-1}) \cdot (\omega - \omega_{i+1}) \cdot (\omega - \omega_n)} \quad (29)$$

где V_i^* – экспериментальные значения скоростей частиц компонентов кормов при угловых скоростях вращения релятивного винтового барабана, равных ω_i ; $n=4$.

Из (21), (28), (29), с использованием некоторых упрощений, получим выражение для коэффициентов $\alpha(\omega)$ и $\beta(\omega)$:

$$\alpha(\omega) = -\frac{\pi}{\pi^2 + 4} \cdot \sum_{i=0}^4 C_i \cdot \omega^{i-1} \quad (30)$$

$$\beta(\omega) = -\frac{\pi}{\pi^2 + 4} \cdot \sum_{i=0}^4 C_i \cdot \omega^{i+1} \quad (31)$$

где

$$C_i = \frac{2}{r} \cdot C_{tgj} \cdot C_i \quad (32)$$

Получим зависимости для анализа (определения) скорости продольного перемещения частиц компонентов кормов в релятивном винтовом барабане:

$$V_n = 0,5 \cdot r \cdot tgj \cdot \left\{ \omega - \sqrt{\omega^2 - 2\omega \cdot \sum_{i=0}^4 C_1 \cdot \omega^2} \right\} \quad (33)$$

После исследования этой математической модели и определения коэффициентов интерполяционного полинома C_i и коэффициента v_i модифицируя зависимость (33) получаем:

$$V_n = 0,5 \cdot r \cdot tgj \cdot \left\{ \omega - \sqrt{\omega^2 - 2\omega \cdot v \cdot \sum_{i=0}^4 C_1 \cdot \omega^2} \right\} \quad (34)$$

а затем, уравнение для определения продольной скорости перемещения частиц компонентов кормов в релятивном винтовом барабане приобретает вид:

$$V = 2 \cdot \Pi \cdot \omega \cdot (1 - v) \text{ м/с} \quad (35)$$

где Π_i , v – коэффициенты, определенные экспериментальным путем.

В результате проведенных исследований получена зависимость для определения продольной скорости перемещения частиц компонентов кормов в релятивных винтовых барабанах. [4]:

$$V_n = A_0 \cdot (\omega^4 + B_1 \cdot \omega^3 + B_2 \cdot \omega^2 + B_3 \cdot \omega + B_4) \quad (37)$$

где A_0 – коэффициент, зависящий от условий работы релятивного винтового барабана $A_0 = f(K_v; m_1; m_2)$;

K_v – коэффициент заполнения релятивного винтового барабана ($K_v = V_m / V_{в.п.}$);

ω – угловая скорость вращения релятивного винтового барабана;

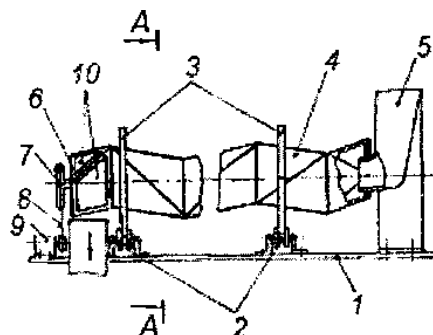
$V_{в.п.}$ – объем внутренней полости релятивного винтового барабана;

V_m – объем загрузки (частиц компонентов кормов);

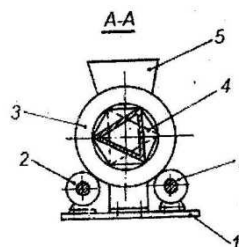
m_1 – масса крупной частицы компонентов кормов;

m_2 – масса мелкой частицы компонентов кормов;

$B_1,$



B_2, B_3, B_4 –



коэффициенты, которые

характеризуют только геометрию поверхности по периметру релятивного винтового барабана.

Дальнейшие исследование показали, что экспериментальные зависимости могут быть описаны и полиномом 2-й степени:

$$V_n = A_0 \cdot (B_1 \cdot \omega^2 + B_2 \cdot \omega + B_3) \quad (39)$$

где $A_0 = k_v \cdot k_m$; $k_m = \frac{m_2}{m_1}$

B_1, B_2, B_3 – коэффициенты характеризующие геометрию релятивного винтового барабана.

В результате проведенных исследований, получены зависимости для расчета основных параметров релятивных винтовых барабанов и спроектирована и изготовлена установка для смешивания компонентов кормов на базе винтового барабана КЗ.5 (рисунок 3, рисунок 4).

Рисунок 3 – Установка для смешивания компонентов кормов с их непрерывной загрузкой

Установка для смешивания компонентов кормов с непрерывной загрузкой (рисунок 3) состоит из корпуса в виде станины 1, на которой крепятся четыре опорных ролика 2. На четырех опорных роликах 2 установлен с помощью опорных колец 3 релятивный винтовой барабана 4.

Релятивный винтовой барабан КЗ.5 смонтирован из равносторонних треугольников [3, 4]. Такое конструктивное оформление релятивного винтового барабана обеспечивает интенсивное смешивание компонентов кормов. Установка снабжена загрузочным устройством 5, с помощью которого компоненты кормов непрерывным потоком загружаются внутрь релятивного винтового барабана 4. Релятивный винтовой барабан 4 снабжен, закрепленной жестко на торцевой стенке 6 винтового агрегата 4, звездочкой 7, которая получает вращение посредством цепной передачи 8 вращение от электродвигателя 9. По мере перемещения компонентов кормов и их смешивания посредством окон 10 готовая смесь компонентов кормов выгружается на транспортер (на чертеже не показан), который выводит их за пределы установки. Скорость перемещения компонентов кормов от загрузки к выгрузке регулируется наклоном релятивного винтового барабана относительно горизонта. Установка работает следующим образом.

Компоненты кормов непрерывным потоком загружаются через загрузочное устройство 5, внутрь релятивного винтового барабана 4, вращающегося посредством цепной передачи 7 от электродвигателя 9. Релятивный винтовой барабан 4 транспортирует компоненты кормов от загрузки к выгрузке, при этом, в процессе транспортирования частицы компонентов кормов осуществляют движение с большой амплитудой колебаний (450-500 мм) и обеспечивается активное смешивание частиц

компонентов друг с другом, равномерное их распределение между собой. При вращении релятивного винтового барабана 4, плоские элементы октаэдров -равносторонние треугольники, смонтированные по периметру релятивного винтового барабана разно наклоненными к его оси и друг к другу, работая как ковши (полки), захватывают различные по объему частицы компонентов кормов, поднимают их по направлению вращения релятивного винтового барабана 4 несколько выше угла естественного откоса, а затем, направляют эти порции компонентов кормов в направлениях, перпендикулярных этим полкам (ковшам), под некоторым углом, не только к оси вращения релятивного винтового барабана, но и к другим потокам масс компонентов кормов, движущихся внутри релятивного винтового барабана под другими углами и с другими скоростями. Длина траектории движения (амплитуда) масс компонентов кормов в значительной степени зависит от диаметра релятивного винтового барабана, углов наклона плоских элементов друг к другу и к оси вращения. Частота движения и соударений масс компонентов кормов определяется не только частотой вращения релятивного винтового барабана, но и количеством плоских элементов по его периметру. Поэтому, в предлагаемой установке для смешивания компонентов кормов обеспечивается повышение частотных характеристик в несколько раз, расширяются технологические возможности. Поскольку по длине релятивного винтового барабана от загрузки к выгрузке многократно меняются форма и размеры поперечного сечения – от треугольника до шестиугольника, то обеспечивается периодическое поджатие движущихся внутри масс компонентов кормов по всей длине релятивного винтового барабана 4. Готовая смесь компонентов кормов выгружается непрерывным потоком через окна 10 на транспортер, который и выводит их за пределы установки для смешивания компонентов кормов.

На рисунке 4 представлен опытный образец установки для

смешивания компонентов кормов, производительность которой достигает 200 м³/час. при наружном диаметре релятивного винтового барабана, 750мм и длине 4000мм:

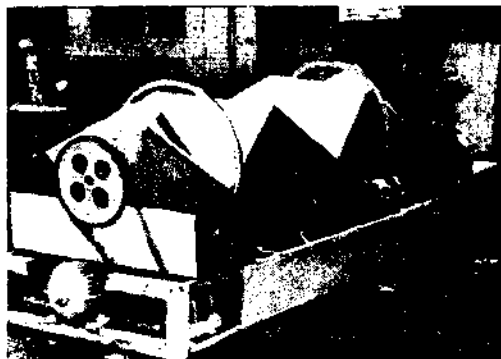


Рисунок 4 Опытный образец установки для смешивания компонентов кормов с непрерывной их загрузкой

Выводы

1. Возмущающие силы постоянно влияют на основную форму пространственной траектории частиц компонентов кормов, вызывая дополнительные ускорения, как в продольном, так и в поперечном движениях и движении относительно стенок релятивного винтового барабана. Дополнительно они вызывают зоны разряжения и сжатия (от распространения волн) частиц компонентов кормов, которые вызывают их соударения (наложенный колебательный процесс на основе вращательного движения). В результате происходят дополнительные вращения, обуславливающие перемешивание частиц компонентов кормов, их «разрыхление». Степень разрыхления зависит от расположения частиц относительно источника колебаний, например, от близости расположения движущейся стенки релятивного винтового барабана относительно движущихся частиц компонентов кормов, и профиля стенок релятивного винтового барабана (конфигурация стенок может, в принципе, отражать волны в зависимости от ее профиля).
2. За счет определенной подачи масс частиц компонентов кормов на вход

релятивного винтового барабана и наличия винтовых поверхностей направленных от загрузки к выгрузке обеспечивается выход частиц компонентов кормов за пределы внутренней полости релятивного винтового барабана, поэтому давление в нем носит неравномерный характер.

3. В релятивном винтовом барабане образуются различные плотности давлений.

4. Скорости движения частиц компонентов кормов носят неравномерный характер, при этом соударения частиц компонентов кормов друг с другом, с одной стороны, имеют волновой характер, а с другой – стохастический.

5. Анализ процессов в релятивных винтовых барабанах показал, что в диапазоне частот вращения агрегата от 0 до 20 об/мин производительность процесса приготовления кормов незначительна, а свыше 75 об/мин происходит ее резкое снижение.

7. Получены уравнения, удобные для инженерных расчетов при проектировании вибрационного оборудования, работающего с использованием больших амплитуд движения частиц масс загрузки.

Список литературы

1. Кошкин Л. Н. Роторные и роторно-конвейерные линии / Л. Н. Кошкин – М.: машиностроение, 1986. – 319с.

2. Марченко А. Ю. Оптимизация конструктивно-режимных параметров цилиндрических винтовых барабанов для приготовления комбикормов: Дисс. канд. техн. наук / А. Ю. Марченко. – Краснодар, 2012.–178 с.

3. Марченко А. Ю. Разработка классификации винтовых барабанов для приготовления концентрированных кормов / А. Ю. Марченко // Труды Кубанского государственного университета. – Краснодар, 2014. – № 6(51) – С.133-140.

4. Марченко А.Ю. Основы теории проектирования оборудования для приготовления концентрированных кормов в винтовых барабанах: монография / А.Ю. Марченко. – Краснодар: КубГАУ, 2014–216 с.

5. Венцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Венцель.–М.:Наука,1964-42 с.

List of references

1. Koshkin L. N. Rotornye i rotorno-konvejernye linii / L. N. Koshkin – М.: mashinostroenie, 1986. – 319s.

2. Marchenko A. Ju. Optimizacija konstruktivno-rezhimnyh parametrov cilindricheskih vintovyh barabanov dlja prigotovlenija kombikormov: Diss. kand. tehn. nauk / A. Ju. Marchenko. – Krasnodar, 2012.–178 s.

3. Marchenko A. Ju. Razrabotka klassifikacii vintovyh barabanov dlja prigotovlenija koncentrirovannyh kormov / A. Ju. Marchenko // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta. – Krasnodar, 2014. – № 6(51) – S.133-140.

4. Marchenko A.Ju. Osnovy teorii proektirovanija oborudovanija dlja prigotovlenija koncentrirovannyh kormov v vintovyh barabanah: monografija / A.Ju. Marchenko. – Krasnodar: KubGAU, 2014–216 s.

5. Vencel' E. S. Teorija verojatnostej / E. S. Vencel'.–M.:Nauka,1964-42 s.