



И.С. Нагорский
доктор техн. наук



В.Н. Гутман
канд. техн. наук



М.Ю. Жуковский
канд. техн. наук

УДК 631.363

МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПИТАТЕЛЯ КОРМОВ
(БелНИИМСХ)

Использование в рационах свиней измельченной зеленой массы бобовых и злаковых культур в составе кормовых смесей, а также комбисилосов, позволяет без снижения продуктивности животных умень-

МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

шить расход дефицитных концентрированных кормов. В НПО "Белсельхозмеханизация" для технического обеспечения подачи в кормоцех зеленой массы разработан питатель (Патент Республики Беларусь № 749,1995г.), рабочими органами которого являются бiter и шнек. При повороте питателя в горизонтальной плоскости бiter формирует перед шнеком из выгруженного на накопительной площадке корма слой заданной высоты, а шнек подбирает и перемещает его к приемку с приемным транспортером технологической линии кормоцеха. Для обоснования параметров и режимов работы питателя, обеспечивающих подачу материала, которая бы не превышала пропускной способности оборудования технологической линии, составлена математическая модель производительности питателя. Равномерная подача материала в технологическую линию обеспечивается в идеальном случае, когда насыпная масса расположена слоем постоянной высоты H в кольцевом секторе, внутренний и наружный радиусы которого соответственно ρ_1 и ρ_2 .

Тогда при повороте питателя с угловой скоростью ω_n на элементарный угол

$$d\varphi = \omega_n dt \quad (1)$$

от насыпной массы отделяется элементарный объем

$$dV = H \frac{\rho_2^2 - \rho_1^2}{2} d\varphi. \quad (2)$$

Производительность питателя Q на основании выражений (1) и (2) определяется формулой

$$Q = \gamma \omega_n H \frac{\rho_2^2 - \rho_1^2}{2},$$

где γ - объемный вес насыпной массы корма.

В этом случае насыпная масса объемом V перемещается в технологическую линию при $Q = const$ и повороте питателя на угол

$$\gamma_k = \frac{2V}{H(\rho_2^2 - \rho_1^2)}$$

Согласно теореме Паппа-Гульдена, объем тела, полученного вращением плоской фигуры около оси O_Z , которая лежит в ее плоскости, но ее не пересекает, равен площади этой фигуры S , умноженной на длину окружности, описываемой центром тяжести C площади этой фигуры.

Если сечение насыпной массы вертикальной плоскостью O_{XZ} , в которой происходит отбор ее транспортером питателя, представить как совокупность простых геометрических фигур (рис. 1), то элементарный объем массы, подаваемой в линию кормоцепа при повороте питателя на элементарный угол $d\varphi$,

$$dV = \sum_{i=1}^k S_i x_{ci} d\varphi = \frac{1}{2} \left[(x_1 - x_0) z_1 x_{c1} + (x_2 - x_1)(z_1 + z_2) x_{c2} + \right. \\ \left. + 2(x_3 - x_2) z_2 x_{c3} + (x_4 - x_3)(z_3 + z_4) x_{c4} + (x_5 - x_4) z_4 x_{c5} \right] d\varphi,$$

$$\text{где } z_2 = z_3 = H; \quad x_{c1} = \frac{x_0 + 2x_1}{3};$$

$$x_{c2} = x_1 + \frac{x_2 - x_1}{3} \cdot \frac{z_1 + 2z_2}{z_1 + z_2}; \quad x_{c3} = \frac{x_2 + x_3}{2};$$

$$x_{c4} = x_3 + \frac{x_4 - x_3}{3} \cdot \frac{z_3 + 2z_4}{z_3 + z_4}; \quad x_{c5} = \frac{2x_4 + x_5}{3}.$$

Реальную форму насыпной массы корма приближенно можно представить в виде клина (в частный случай призматоида). Тогда, согласно расчетной схеме (рис. 2), вид сечений насыпной массы плоскостью, в которой происходит ее отбор транспортером питателя, зависит

от углов φ его поворота.

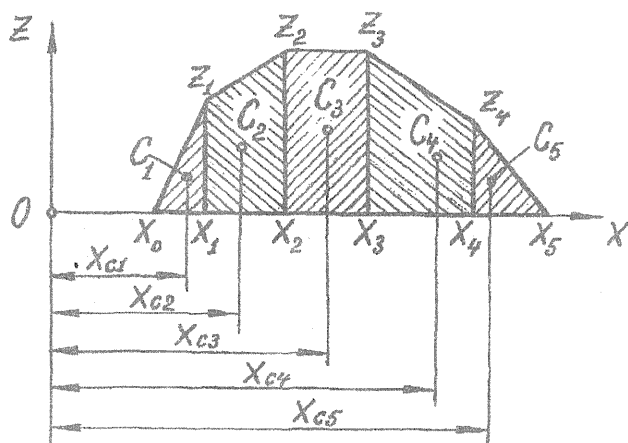


Рис. 1. К расчету элементарного объема насыпной массы, отделяемого транспортером при повороте питателя на угол φ

Критические значения углов $\varphi_{k1}, \varphi_{k2}, \varphi_{k3}, \varphi_{k4}$, когда плоскость

отбора проходит соответственно через точки 1, 2, 3 и 4 расчетной схемы, определяются формулами:

$$\varphi_{k1} = \varepsilon_1 - \arcsin\left(\frac{b}{l_1} \cos \varepsilon_1\right);$$

$$\varphi_{k2} = \varepsilon_2 - \arcsin\left(\frac{b}{l_0 + l} \cos \varepsilon_2\right);$$

$$\varphi_{k3} = \varepsilon_3 - \arcsin\left(\frac{b}{2l_0 + a} \cos \varepsilon_3\right);$$

$$\varphi_k = \varphi_{k4} = \varepsilon_4 - \arcsin\left(\frac{b}{l_0} \cos \varepsilon_4\right),$$

где

$$l_1 = l_0 + l - \frac{a}{2};$$

$$\varepsilon_1 = \arctg \frac{a+2b}{2l_1}; \quad \varepsilon_2 = \arctg \frac{a+b}{l_0+l_1};$$

$$\varepsilon_3 = \arctg \frac{a+2b}{a+2l_0}; \quad \varepsilon_4 = \arctg \frac{a+b}{l_0}.$$

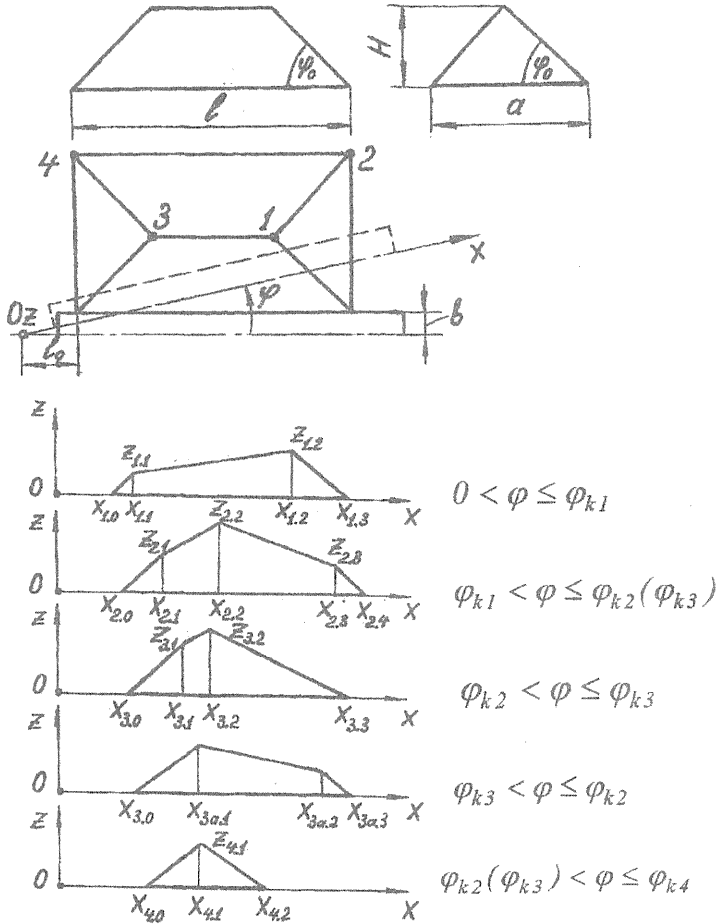


Рис. 2. Расчетная схема к определению производительности питателя, взаимодействующего с насыпной массой в виде клина

Рассматривая каждое сечение насыпной массы состоящим из элементарных фигур типа треугольников и трапеций, определим координаты $x_{i,j}$ и $z_{i,j}$ - вершин этих элементов в i -ых сечениях ($i=1, 2, 3, 3a, 4$):

$$x_{i,0} = \frac{l + b \sin \varphi}{\cos \varphi}, 0 < \varphi < \varphi_{k4};$$

$$x_{i,1} = \begin{cases} x_{i,0} + \frac{a_1}{\cos \varphi - \sin \varphi}, 0 < \varphi < \varphi_{k4}; \\ x_{i,0} + \frac{a - a_1}{\cos \varphi + \sin \varphi}, 0 < \varphi < \varphi_{k4}; \end{cases}$$

абсциссы крайних правых точек i -ых сечений $x_{1,3}; x_{2,4}; x_{3,3}$:

$$x_{i,n} = \begin{cases} x_{i,0} + \frac{l}{\cos \varphi}, 0 < \varphi < \varphi_{k2}; \\ x_{i,0} + \frac{a - a_1}{\sin \varphi}, \varphi_{k2} < \varphi < \varphi_{k4}; \end{cases}$$

$$x_{i,n-1} = \begin{cases} x_{i,n} + \frac{a_2}{\sin \varphi + \cos \varphi}, 0 < \varphi < \varphi_{k1}; \\ x_{i,n} + \frac{a - a_2}{\cos \varphi - \sin \varphi}, \varphi_{k1} < \varphi < \varphi_{k2}; \\ x_{i,n} + \frac{a}{2 \sin \varphi}, \varphi_{k2} < \varphi < \varphi_{k3}; \end{cases}$$

$$x_{2,2} = x_{2,1} + \frac{l}{2 \sin \varphi} \left(a - \frac{2a_1 \cos \varphi}{\cos \varphi - \sin \varphi} \right), \varphi_{k1} < \varphi \leq \varphi_{k2} (\varphi_{k3});$$

$$x_{3a,2} = x_{3a,3} - \frac{a - a_2}{\cos \varphi - \sin \varphi}, \varphi_{k3} < \varphi \leq \varphi_{k2};$$

$$z_{i,k} = (x_{i,1} - x_{i,0}) \operatorname{tg} \varphi_0 \cos \varphi; z_{2,2} = H;$$

$$z_{i,n-1} = \begin{cases} (x_{i,n} - x_{i,n-1}) \operatorname{tg} \varphi_0 \cos \varphi, & 0 < \varphi \leq \varphi_{k2}; \\ H & , \varphi_{k2} < \varphi \leq \varphi_{k3}; \end{cases}$$

где

$$a_1 = \frac{l}{\cos \varphi} \left(l_0 \sin \varphi + 2b \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right);$$

$$a_2 = a_1 + l \operatorname{tg} \varphi.$$

В зависимости от соотношений геометрических размеров насыпной массы и взаимодействующего с ней транспортера питателя возможно, что $\varphi_{k3} < \varphi$. Это неравенство имеет место, если

$$\text{где } l < \frac{a(a + l_0 + A)}{a + 2A}, \quad (3)$$

$$A = b \frac{\cos \varphi - 1}{\cos \varphi}.$$

При выполнении условия (3) в расчетной схеме (см. рис. 2) вместо сечения 3 рассматриваем сечение 3а. В том случае, когда транспортер питателя взаимодействует с предварительно выравненным слоем насыпной массы, ее модель аналогично можно представить в виде усеченного клина. Объемную производительность питателя в функции угла его поворота

$$Q_V(\varphi) = \frac{dV}{d\varphi}$$

характеризуем средним арифметическим

$$\bar{Q}_V = \frac{V}{\varphi_k}$$

и коэффициентом вариации подачи материала из насыпи в линию кормоцефа

$$v_Q = \frac{S_Q}{Q_V} \cdot 100\%,$$

где объемы насыпи материала в виде клина или усеченного клина соответственно

$$V = \frac{aH}{6}(3l - a)$$

$$V_s = \left(al - \frac{a+l}{\operatorname{tg}\varphi_0} H + \frac{4H^2}{3\operatorname{tg}^2\varphi_0} \right) H;$$

$S_Q = \sqrt{D_Q}$ - среднее квадратическое отклонение;

$$D_Q = \frac{1}{n-1} \left(\sum_j Q_V^2(\varphi_j) - n\bar{Q}_V^2 \right).$$

Характер изменения $Q_V(\varphi)$ удобно анализировать, рассматривая относительную величину

$$k(\varphi) = \frac{Q_V(\varphi)}{\bar{Q}_V} = \frac{Q_V(\varphi)\varphi_k}{V}.$$

В идеальном случае равномерной подачи $Q_V(\varphi) = \text{const}$ коэффициент $k(\varphi) = 1$. Составленная модель использована для анализа с помощью ПЭВМ неравномерности подачи корма, а также в качестве блока модели энергоемкости технологической линии кормоцеха.