УДК 631.363

ИССЛЕДОВАНИЕ БИТЕРНОГО УСТРОЙСТВА МОБИЛЬНОГО КОРМОРАЗДАТЧИКА

STUDY OF THE BITTER DEVICE MOBILE FEED DISPENSER

И. А. ВЕЛИЕВ, диссертант
Азербайджанский государственный аграрный университет

I. A. VELIEV, autor of a thesis
Azerbaijan state agrarian university

В статье подчеркивается актуальность совершенствования битерного дозирующего органа мобильных кормораздатчиков со ссылкой на его перспективность с учетом новых технологических проектов для ферм крупного рогатого скота. Исследован процесс отделения корма от монолита в бункере кормораздатчика гребнями битерного устройства. На основе расчетных формул дана оценка работе его дозирующего органа. Представленная методика расчета позволяет выбрать эффективные параметры битера, обеспечивающие качество процесса при минимальных энергозатратах.

Ключевые слова: мобильный кормораздатчик, дозирующий орган, битер, гребни, связующие корма, упругая деформация.

It is pointed out the urgency of improvement the bitering dosing organ of the mobile feed dispenser with reference to their prospects, taking into account a new technological and planning projects for cattle farms. The process of determining the feed from the monolith in the hopper of the feed dispenser with the combs of the biter device is studied. Based on the calculation formulas, which are treated by considering the problem in the order of elastic deformation and determining the force of the beater combs to separate the feed in the feeder bunker, an assessment is made of the work of the dosing organ of the mobile feed dispenser. The presented calculation technique allows choose the effective parameters of the beater, which ensure the quality of the process at the minimum energy consumption.

Key words: mobile feed dispenser, dosing organ, beater, combs, binding feeds, elastic deformation.

Введение. На новых фермах и комплексах республики для приготовления и раздачи кормовых смесей крупному рогатому скоту проектом предусмотрено использование мобильных кормораздатчиков. При этом важной задачей служит обеспечение выдачи требуемой дозы кормов. Иными словами, равномерность распределения корма на погонном метре по фронту кормления.

Исследования, проведенные различными авторами [1, 2, 3], указывают на необходимость выявления оптимальных параметров битеров, отделяющих корма в бункере мобильного кормораздатчика. При этом они предлагают различные конструктивные формы, размеры и режимы отдельных органов и элементов всего механизма, формирующего дозу выдачи корма.

Однако совершенствование битерного узла требует целенаправленного исследования сложного процесса отделения битером корма от монолита в бункере кормораздатчика. Актуальность же такой задачи связана с перспективностью применения мобильных кормораздатчиков и новых проектов поточных технологических линий для ферм и комплексов крупного рогатого скота.

Объект и метод исследования. Чтобы найти оптимальные параметры, необходимо раскрыть физическую картину воздействия гребней битера на кормовую массу. При анализе этого процесса кормовую массу обычно считают сыпучей средой [2]. Между тем уплотненный силос обладает упругостью [4, 5] и может быть охарактеризован модулем упругости и коэффициентом Пуассона (корм неизбежно уплотняется в бункере раздатчика и во время загрузки, и при транспортировке).

Необходимо также учитывать, что битеры — сравнительно тихоходные рабочие органы (их линейная скорость около 1 м/с). Поэтому есть основание с некоторым приближением принять статическую модель разрушения материала под действием гребней. На основе этих допущений можно пользоваться теорией упругости.

Результаты и их обсуждение. Процесс воздействия гребней на кормовую массу разделим на три периода:

упругое сжатие и начало разрушения структуры материала;

отделение части материала от монолита и формирование на конце гребенки тела волочения (пучка);

движение тела волочения вдоль упругой кормовой массы (рис.).

Непрямолинейность траектории движения гребенки в первом и втором периодах не учитывается, поскольку в каждый данный момент реакция материала направлена по нормали к гребенке. Участок траектории гребенки, на котором происходит упругое сжатие

$$l_0 = \pi r \frac{\alpha_{kp} - \alpha_0}{180}, \qquad (1)$$

где r — радиус битера, м;

α_{kp} — угол отклонения гребенки, при котором материал разрушается, град;

α_0 — угол, при котором гребенка соприкасается с материалом, град.

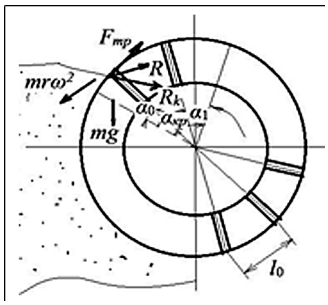

Рис. Процесс контакта гребней битера с кормом

Пространственная модель работы гребенки в первом периоде позволяет найти реакцию упругого основания на абсолютно жесткую балку гребенки. Решение пространственной задачи упростим, применив принцип Сен-Венана [6, 7, 8].

Разобьем область действия гребенки на материал на три зоны и будем считать, что гребенка в сечении — квадрат, сторона «*b*» которого равна диаметру d_r гребенки.

Тогда в первой зоне необходимо решить задачу о плоском штампе на упругом основании, во второй и третьей — о сосредоточенной силе соответственно на плоском пространственном упругом основании.

Сила P_X, действующая на гребенку в первой зоне, уравновешивается реакцией основания

$$P_X = q\Delta l^2 + R_b, \qquad (2)$$

где q — реактивное давление основания под гребенкой, Н/м²;

Δl — длина балки, то есть подача корма на гребенку (принимаем импульсную подачу, следовательно, Δl =const), м;

R_b — сосредоточенная сила — реакция основания вне балки, Н.

Если балка уравновешена относительно начала оси X, то несложно найти точку приложения P_X:

$$\Delta l_1 = \frac{q(\Delta l)^2 - 2R_b}{2}, \qquad (3)$$

где Δl_1 — расстояние от точки «0» до конца гребенки, м.

Однако усложнять задачу поиском точки приложения равнодействующей силы не имеет смысла, так как ввиду малого значения подачи Δl материала на гребенку можно допустить, что равнодействующая приложена к концу гребенки.

Для дальнейшего рассмотрения задачи о вдавливании штампа (абсолютно жесткой балки) в упругое основание введем понятие характеристик упругого основания в соответствии с вариационным методом В. З. Власова [8]:

а) упругие постоянные основания

$$E_0 = \frac{E}{1-\nu^2}, \qquad \nu_0 = \frac{\nu}{1-\nu}, \qquad (4)$$

где E и ν — соответственно модуль упругости и коэффициент Пуассона;

б) функция осадки свободного основания вдоль оси X

$$V(x) = l_0 e^{-a(x-\Delta l_1)}, \qquad (5)$$

где

$$\left.\begin{aligned} a &= \sqrt{\frac{k}{2t}} = \frac{1}{L}\sqrt{\frac{6}{1-\nu_0}\cdot k} = \frac{E_0 F}{L^2(1-\nu_0^2)}, \\ t &= \frac{E_0 F}{12(1-\nu_0)}, F = bL \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

где L — расстояние до поверхности, где деформация материала отсутствует (высота упругого основания по Власову);

в) функция реактивной силы свободного основания за пределами балки (к первой зоне)

$$S(x) = 2atl_0 e^{-a(x-\Delta l_1)}, \qquad (7)$$

отсюда в сечении $x=\Delta l_1$ (т. е. на конце балки)

$$S(x) = R_b = 2atl_0. \qquad (8)$$

Перепишем условие статического равновесия балки в первой зоне (2)

$$P_X = (k\Delta l + 2atl_0). \qquad (9)$$

Тогда, согласно выражениям (4) и (6), получим:

$$P_X = \frac{bE}{1+\nu}\left[\frac{\Delta l(1-\nu)}{L(1-2\nu)} + \sqrt{\frac{1-\nu}{6(1-2\nu)}}\right] l_0. \qquad (10)$$

Уплотненный связной (стебельчатый) корм обладает способностью сопротивляться сжатию, но намного хуже сопротивляется усилию

сдвига [4, 5]. Следовательно, разрушающими факторами оказываются тангенциальные напряжения, характеризующиеся предельным углом $\varphi_{мах}$ сдвига, при котором монолит разрушается.

Продифференцировав уравнение (5), имеем:

$$V'(x) = -aI_0 e^{a(x-\Delta l_1)}. \quad (11)$$

Из выражения (11) с учетом условия начала разрушения материала на конце гребенки (в сечении $x=\Delta l_1$) получим

$$l_0 = -\frac{tg(\pi - \varphi_{max})}{a}. \quad (12)$$

Функция осадки основания в плоскости, перпендикулярной гребенкам и проходящей по оси *Y*, для участка *S* (расстояние между гребнями), определяется суммой перемещений от воздействия всех гребней:

$$\sum V(y) = I_0 e^{-ay} + I_0 e^{a(y-s)} + I_0 e^{-a(y+s)} + I_0 e^{a(y-2s)} + \ldots \quad (13)$$

Так как расстояние между гребенками значительное, пренебрегаем членами уравнения (13), начиная с третьего, тогда

$$V(y)_1 = I_0 e^{-ay} \quad \text{и} \quad V(y)_2 = I_0 e^{a(y-s)}, \quad (14)$$

$V(y)_1$ и $V(y)_2$ — перемещение основания от воздействия первой и второй гребенки на участке *S*.

Следовательно, реакция основания по второй зоне подсчитывается как реактивная сила $R=2at_1l_0$ свободного основания за пределами балки.

Результирующая сила

$$R_y = 4at_1l_0, \quad (15)$$

или с учетом уравнений (4) и (6), а также при

$$t_1 = \frac{E_0 \Delta l L}{12(1+\nu_0)}, \quad (16)$$

$$R_y = \frac{E\Delta l}{3(1+\nu)}\sqrt{\frac{6(1-\nu)}{1-2\nu}} \cdot l_0. \quad (17)$$

Третья зона имеет вид вогнутой сферы. Уравнение функции осадки полупространства от сосредоточенной силы P_z [7, 8].

$$W = \frac{2P_z\gamma(1+\nu_0)}{\pi E_0} K_0(a\rho)e^{-\gamma Z}, \quad (18)$$

где $a = \sqrt{\frac{k}{2t}} = \gamma\sqrt{\frac{2(1-\nu_0)}{1-2\nu_0}}$;

Z — заглубление силы P_z (расстояние до поверхности основания);

γ — коэффициент, характеризующий затухание осаждения по глубине основания;

$K_0(a\rho)$ — модернизированная функция Бесселя нулевого порядка второго рода;

ρ — расстояние от точки приложения силы (в радиальном направлении).

Сосредоточенную силу на конце штифта от воздействия на третью зону при $Z=0$ и $\rho=b/2$ определяем как

$$P(\rho) = \frac{\pi E_0}{4(1+\nu_0)\gamma K_0\left(a, \frac{b}{2}\right)} l_0 \quad (19)$$

или при введенных выше обозначениях

$$P(\rho) = \frac{\pi EL}{4\sqrt{3}K_0\left(\frac{1}{L}\sqrt{\frac{6(1-\nu)}{1-2\nu}} \cdot \frac{b}{2}\right)} l_0. \quad (20)$$

Разрушение материала под действием гребенки — нестабильный процесс. Значит, речь идет о среднестатистических значениях *E*, ν и Δl. При постоянных E, ν и Δl выражение в фигурных скобках уравнения (20) можно заменить постоянным вероятностно-статистическим коэффициентом μ, характеризующим упругие свойства материала. Следовательно, на первом этапе сила P_I возрастает прямо пропорционально осадку *Z*, то есть

$$P_I = \mu Z. \quad (21)$$

Таким образом, при увеличении подачи материала усилие, необходимое для его разрушения, растет по линейному закону. С ростом ширины *b* (диаметра d_r гребенки) первый и третий члены в фигурных скобках уравнения (20) увеличиваются, то есть чем больше диаметр гребенки, тем выше энергоемкость процесса отделения материала.

Во втором периоде материал разрушается при равном сопротивлении. Это объясняется тем, что после сдвига отделяемой части материала последний имеет еще достаточную связь с монолитом. Благодаря этому сохраняются предельные упругие деформации материала, на поддержание которых необходимо затрачивать усилие, равное максимально достигнутому, то есть усилию на гребенке.

$$P_{II} = P_{I\max}. \quad (22)$$

Продолжительность второго периода аналитически установить трудно. По его окончании на гребенке формируется тело волочения (пучок). В конце второго периода часть корма окончательно отделяется от монолита. Остальная деформированная часть материала под действием упругих сил принимает исходное положение. Сформированный на конце гребенки пучок движется в контакте с упругой средой.

Для третьего периода характерно резкое снижение нагрузки на гребенку, так как значительно падает величина упругой деформации, обусловленная нормальными напряжениями в материале. Силой тяжести mg, а также центробежной силой $mr\omega^2$, действующими на пучок, пренебрегаем из-за малого их значения. Следовательно, $P_{III} \approx -R_k$ (где R_k — реакция кормовой массы).

Заключение. Представленная методика расчета усилия отделения корма от монолита битером в бункере мобильного кормораздатчика позволяет выбрать его эффективные параметры, обеспечивающие качество процесса при минимальных энергозатратах.

● **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Зайцев П. В., Зайцев С. П.* Исследование дозирующего устройства мобильного кормораздатчика стебельных кормов / Труды ЧГСХА. — Чебоксары: ЧГСХА, 2000. — С.138—139.

2. *Фролов В. Ю., Сысоев Д. Р., Сарбатова Н. Ю., Марченко А. Ю.* Ресурсосберегающие технологии приготовления и раздачи кормов на животноводческих фермах малых форм хозяйствования // Техника и оборудования для села, 2013. — №5. — С. 15—17.

3. *Бурмага А. В., Крючкова Л. Г.* Теоретические исследования подачи кормов кормораздатчиком // Инновационные технологии и разработки в агропромышленном комплексе: Материалы Международной научно-практической конференции . — Кокшетау, 2012. — С. 98—105.

4. *Воронцов С. И., Воронцов И. И.* Разработка средств механизации приготовления и раздачи кормосмеси животным // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2008. — №12. — С. 40—41.

5. *Топырин Н. А., Павлов И. М.* Результаты теоретических исследований энергозатрат отделения консервированного корма // Вестник Саратовского Госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. — Саратов, 2010. — №2. — С. 36—37.

6. *Демидов С. П.* Теория упругости: Учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 1979. — 432 с.

7. *Горбунов-Посадов М. И., Маликова Т. А.* Расчет конструкций на упругом основании. — М.: Стройиздат, 1973. — 628 с.

8. *Власов В. З.* Избранные труды. Общая теория оболочек (том 1). М.; Изд. АН СССР, 1962. — 528 с.

e-mail: m_qabil@rambler.ru

УДК 658.383:006.354

АППАРАТ ДЛЯ КРЕМАЦИИ ЖИВОТНЫХ

APPARATUS FOR ANIMAL CREMATION

Е. В. СОСОРОВ, кандидат технических наук
ФГБОУ ВО Якутская ГСХА
С. Н. ШУХАНОВ, доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского

E.V. SOSOROV, candidate of technical sciences
FGBOU VO Yakutsk state agricultural academy
S.N. SHUKHANOV, doctor of technical sciences, professor
FGBOU VO Irkutsk state agrarian university named after A. A. Ezhevsky

Предложена новая конструкция печи для кремации сельскохозяйственных животных с лучшими показателями работы по сравнению с аналогами.

Ключевые слова: конструкция, печь, кремация.

A new design of furnace for burning agricultural waste with the best performance in comparison with analogues.

Key words: design, baking, cremation.

Введение. Развитие сельскохозяйственного производства на современном этапе предполагает как создание технических средств и технологий нового поколения, так и совершенствование существующих [1-3]. Не составляет исключение в этом плане ветеринария. Особое внимание уделяется экологическим проблемам, существующим в отрасли. Одна из таких проблем — кремация животных, которая остается актуальной до сих пор.

Цель исследования — решить техническую задачу по модернизации конструкций средств, предназначенных для кремации животных, на уровне патентопригодности.

Методика. Для создания машин, отвечающих современным требованиям, изучено состояние вопроса, посвященного данной тематике, проведен патентный поиск и проанализированы существующие конструкции крематоров.

Так, печь для сжигания трупов заразных животных содержит загрузочный люк, топливопроводы и камеру сгорания, выполненную в виде вертикально-кольцевой горелки с конусным рассекателем пламени, чтобы повысить эффективность процесса сгорания (Авт. свид-во № 631749. Печь для сжигания трупов заразных животных. МПК F23G1/00. Опубликовано 05.11.78).

Недостаток данной конструкции в том, что в качестве источника тепловой энергии используется горелка, работающая на газе и жидких видах топлива. Это удорожает саму конструкцию и сужает область применения печи, исключая возможность ее использования в отгонных пастбищах.