



УДК 631.171:636.085/086

И.Я. Федоренко,
И.А. Наумов

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ

Основная цель гранулирования и брикетирования кормов – обеспечение лучшей сохранности питательности веществ и витаминов, повышение их перевариваемости животными. Кроме того, получаемые в результате гранулирования и брикетирования кормовые гранулы и брикеты характеризуются лучшей транспортабельностью и занимают меньше места в складских помещениях ввиду большей объёмной массы по сравнению с рассыпным кормом [1].

Основным показателем, характеризующим уплотнение растительных материалов, является плотность получаемых брикетов и гранул. Достижение больших значений плотности сопровождается приложением значительных давлений со стороны рабочих органов и высокой энергоёмкости процесса прессования, в связи с этим необходимо знать зависимость между давлением p и достигнутой плотностью ρ материала. Эта зависимость даёт возможность определить усилия, действующие в деталях и механизмах прессов, и энергию, необходимую для уплотнения. Эта зависимость выражается основным законом прессования.

Различными исследователями было предложено много эмпирических уравнений, связывающих давление прессования с деформацией или плотностью прессуемых материалов.

Проанализировав существующие уравнения прессования кормов, было взято уравнение, предложенное профессором И.Я. Федоренко, который удовлетворительно описывает экспериментальные кривые прессования всех без исключения кормовых материалов [3].

$$p = c\gamma^m, \quad (1)$$

где p – давление прессования, Па;

c и m – экспериментально определяемые коэффициенты для каждого кормового материала;

γ – избыточная плотность, кг/м².

$$\gamma = \rho - \rho_0, \quad (2)$$

где ρ – достигнутая плотность материала, кг/м²;

ρ_0 – начальная (естественная) плотность материала, кг/м².

При определении давления прессования встаёт задача определения коэффициентов c и m , а они зависят от структурно-механических свойств материала (прочности, влажности, крупности частиц и т.д.) и определяют собой сопротивляемость материала сжатию.

Существует способ определения коэффициентов путём снятия осциллограммы процесса прессования. Но данный способ очень трудоёмкий, для него необходимо соответствующее оборудование: пресс, осциллограф и датчики, снимающие показания давления и перемещения. После чего полученные кривые необходимо аппроксимировать [2].

Для определения коэффициентов рассмотрим уплотнение материала жёстким штемпелем в камере с жёстким упором. Задачу об ударном сжатии будем решать, приняв условия: уплотнение производится штемпелем, падающим под действием свободного веса, а деформации штемпеля и упора пренебрежительно малы по сравнению с деформацией материала.

Составим следующую расчётную схему (рис. 1): штемпель 1 с массой M ш перемещаясь по втулке, спрессовывает материал на расстояния S_k .

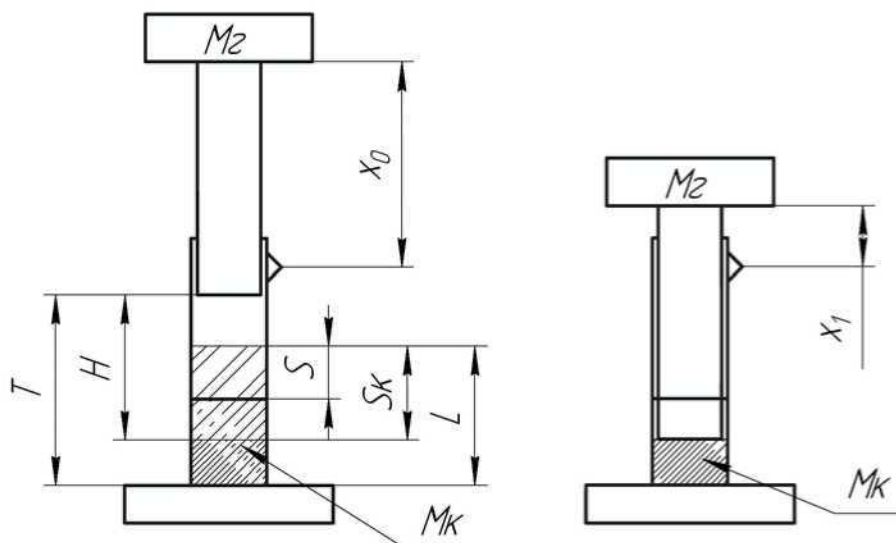


Рис. 1. Расчётная схема уплотнения материала

Затрачиваемая работа на образование брикета зависит от его размеров, давления, состояния прессуемого продукта и коэффициента трения о стенки пресс-формы:

$$dA = UPdS, \quad (3)$$

где P – давление создаваемое прессом, Па;

S – перемещение штемпеля, м;

U – площадь поперечного сечения прессовальной камеры, m^2 .

Давление прессования определяется из основного закона прессования (1).

Подставляя в уравнение (3) параметры, определяемые конструктивными размерами и интегрируя, получим выражение:

$$A = Uc \left(\frac{M_k}{UL} \right)^m \int_0^{\varepsilon_k} \varepsilon^m (1 - \varepsilon)^{-m} d\varepsilon, \quad (4)$$

где M_k – масса корма, кг;

U – площадь поперечного сечения прессовальной камеры, m^2 ;

L – высота не спрессованного материала, м;

M_k – масса корма, кг;

ε – относительное перемещение штемпеля, $\varepsilon = \frac{L}{S}$.

Работа, совершаемая штемпелем, – это также есть потенциальная энергия:

$$A = M_{ш} g H, \quad (5)$$

где $M_{ш}$ – масса штемпеля, кг;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 ;

H – высота падения штемпеля, м.

Приравнивая выражения (4) и (5), получим уравнение с двумя неизвестными. Для определения коэффициентов c , m необходимо провести два опыта с разными весами штемпеля $M_{ш1}$ и $M_{ш2}$:

$$\left. \begin{aligned} M_{ш1} g H_1 &= Uc \left(\frac{M_k}{UL} \right)^m \int_0^{\varepsilon_{k1}} \varepsilon^m (1 - \varepsilon)^{-m} d\varepsilon \\ M_{ш2} g H_2 &= Uc \left(\frac{M_k}{UL} \right)^m \int_0^{\varepsilon_{k2}} \varepsilon^m (1 - \varepsilon)^{-m} d\varepsilon \end{aligned} \right\} (6)$$

Таким образом, проведя два опыта с различными массами штемпеля и решив систему уравнений 4, определяются коэффициенты c и m .

Зная коэффициенты и решив уравнения 1, 4, можно определить работу, совершаемую при прессовании, и давление, необходимое для получения заданной плотности материала.

Используя лабораторную установку, изготовленную в соответствии с расчётной схемой рисунка 1, были проведены опыты с соломой пшеничной. Цель исследования заключалась в определении влияния факторов на давление прессования. В качестве основных факторов были приняты влажность материала X_1 и соотношение длины резки к диаметру прессующей камеры X_2 . Эксперимент проводили в трёхкратной повторности, используя полнофакторный симметричный ортогональный план. Кодированному значению влажности «+1» соответ-

вует $W = 21\%$, «-1» $W = 11\%$. Аналогично для соотношения величины резки к диаметру камеры: «+1» $l/d = 0,5$, «-1» $l/d = 1,5$.

Подставляя экспериментальные данные, полученные на лабораторной установке, в систему уравнений (12) были определены коэффициенты s , m . Посчитав давление по уравнению (1) и обработав данные с помощью пакета STATISTIKA v 6.0 было получено следующее уравнение регрессии для давления прессования соломы пшеничной до плотности $\gamma = 1000 \text{ кг/см}^2$ в кодированном виде:

$$P = 58,07 - 5,7X_1 - 1,15X_2 + 0,16X_1^2 + 0,29X_1X_2 - 2,94X_2^2 \quad (7)$$

Для более полного анализа экспериментальных данных на рисунке 2 представлена трёхмерная поверхность отклика $P(W; l/d)$.

Проверка модели на адекватность по критерию Фишера показала, что $F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$, т.е. представленная модель адекватно описывает полученные данные по определению давления прессования при 95%-ной доверительной вероятности.

Выводы

Минимальное значение давления, а следовательно, и меньшая энергоёмкость процесса прессования соответствуют влажности материала 16%. При влажности выше 16% происходит повышение давления. Это связано с большим содержанием воды в материале, которая не сжимается.

С повышением соотношения величины резки происходит снижение давления. Это связано с тем, что при увеличении резки упругие свойства материала после прессования проявляются в меньшей степени по причине того, что происходит спутывание материала, к тому же величина резки сильно влияет на качество брикетов, что будет исследоваться в будущем.

Разработанная методика и лабораторная установка позволяют довольно просто определить коэффициенты, входящие в основное уравнение прессования, благодаря которому определяются работа и давление, необходимые для получения брикета заданной плотности.

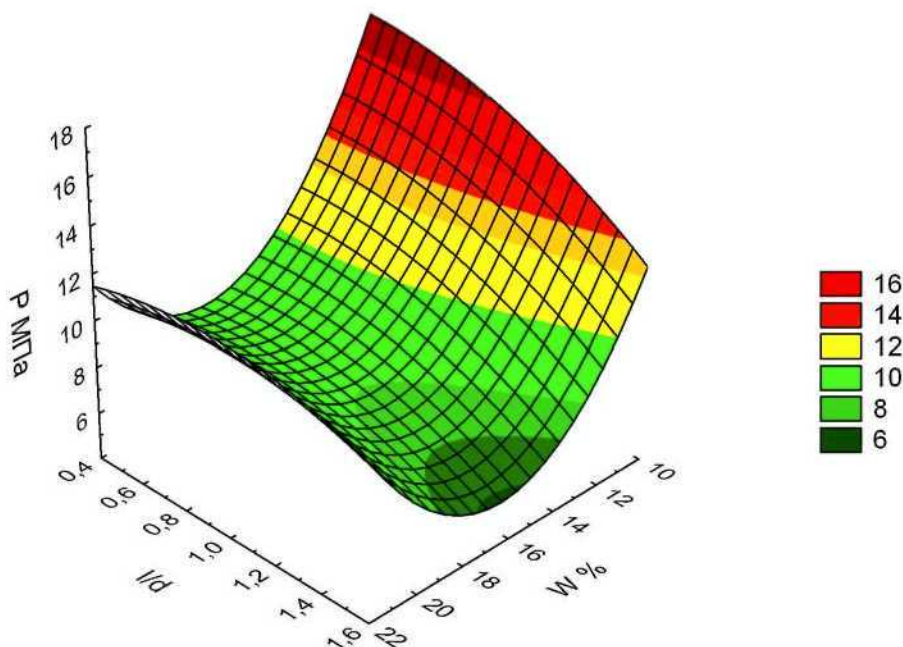


Рис. 2. График зависимости давления прессования от влажности материала и соотношения величины резки к диаметру прессующей камеры

Библиографический список

1. Коба В.Г. Механизация и технология производства продукции животноводства / В.Г. Коба, Н.В. Брагинец. М.: Колос, 2000.

2. Особов В.И. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов / В.И. Особов, Г.К. Василь-

ев, А.В. Голяновский. М.: Машиностроение, 1974. 231 с.

3. Федоренко И.Я. Технологические процессы и оборудование для приготовления кормов: учебное пособие / И.Я. Федоренко. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2004. 180с.



УДК 633.34:664.0:636.084

Г.М. Харченко

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ СОЕВОГО МАСЛА
В КОНИЧЕСКОЙ ЦЕНТРИФУГЕ**

Рабочий орган конической центрифуги представляет собой емкость формы круглого конуса, обращенного вершиной вниз и вращающегося вокруг своей вертикальной оси симметрии. Сверху фильтрующая коническая центрифуга заполняется соевым маслом, содержащим механические, коллоидные примеси, в том числе и взвешенные остатки дробления соевого зерна. Через перфорационные отверстия в нижней части конуса соевое масло выводится между обечайками, далее поднимается за счет разности давлений и центробежных сил инерции через фильтрующий материал (цеолит) и через перфорационные отверстия в верхней части второй обечайки выводится в виде очищенного продукта [1].

Для соевого масла, заполняющего полость конуса с углом 20° при вершине, возможен разрыв свободной поверхности, когда частицы соевого масла за счет центробежных сил инерции при достаточно большой угловой скорости вращения начинают отрываться от свободной поверхности и скользить вверх по наклонной конической поверхности. Необходимо рассчитать критический профиль свободной поверхности и соответствующую критическую угловую скорость ω^* . Обозначим $l^2 = x^2 + y^2$ квадрат расстояния элементарного объема жидкости до оси вращения Oz; v – объем соевого масла, заполняющего

конус, m^3/c ; z_0 – координата вершины параболоида. Тогда уравнение свободной поверхности запишется:

$$z = z_0 + \frac{\omega^2}{2g} l^2,$$

а уравнение внутренней поверхности конуса:

$$z = l \operatorname{ctg} \theta_0.$$

Координаты крайних точек свободной поверхности определяются из совместного решения последних двух уравнений и соответствуют меньшему из корней квадратного уравнения:

$$\frac{\omega^2}{2g} l_k^2 - \operatorname{ctg} \theta_0 l_k + z_0 = 0.$$

Больший из корней определяет на конусе горизонтальную границу, ниже которой частицы жидкости скатываются к краю свободной поверхности, а выше отбрасываются центробежными силами вверх. Если дискриминант обращается в

ноль $D = \operatorname{ctg}^2 \theta_0 - 2 \frac{\omega^2 z_0}{g} = 0$, единствен-

ный корень уравнения $l_k^* = \frac{g}{\omega^2} \operatorname{ctg} \theta_0$ определяет критический профиль поверхности, при котором параболоид касается конуса (рис. 1).

Используя свойство несжимаемости всего объема соевого масла (m^3/c),

имеем или при $l_k = l_k^* \quad v = \frac{\pi (l_k^*)^3 \operatorname{ctg} \theta_0}{12}$.