УДК 66.099.2

Г.В.КАЗАЧЕНКО, канд.техн.наук, В.П.РИНКЕВИЧ (БГПА)

# О ВЫБОРЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ДЛИНОЙ МАТРИЧНОГО КАНАЛА И ЕГО ДИАМЕТРОМ В ПЛОСКОМ ГРАНУЛЯТОРЕ

При проектировании грануляторов основным параметром матриц является отношение длины рабочих отверстий к диаметру отверстий, от которого зависят качество получаемых гранул и энергоёмкость процесса. Исследованиями и производственным опытом установлено [1, 2], что длина отверстий матриц зависит от гранулируемого материала, его коэффициента трения, влажности, диаметра отверстий, требуемой степени сжатия материала. Однако зависимости, связывающей все эти факторы, особенно для торфа, до сих пор не получено.

При обжатии материала роликом в зоне сжатия происходит рост давления и при достижении значения, при котором материал уплотняется до необходимой плотности, сила, действующая на ранее запрессованный в отверстие материал, становится больше силы трения материала о стенки отверстия. В этот момент начинается его проталкивание в отверстие матрицы и запрессовка новой порции материала. Сжатие поступившей в отверстия порции материала осуществляется за счёт давления ролика и противодействия силы трения ранее запрессованного материала о стенки отверстия. В работе [3] обосновывается гипотеза о равенстве работы сжатия новой порции материала $A_{сж}$ и работы силы трения $A_{тр}$:

$$A_{сж} = A_{тр} \tag{1}$$

Эта гипотеза имеет и экспериментальное подтверждение из опыта брикетирования торфа.

Многочисленными исследованиями установлено несколько видов зависимостей между плотностью прессуемого материала и приложенным давлением[4, 5, 6].

Для торфа эта зависимость может быть выражена в виде [7]

$$p = \frac{\kappa_2}{\dfrac{\rho_1}{\rho_1 - \rho_0} - \kappa_1} \tag{2}$$

где $\kappa_1$ и $\kappa_2$ – коэффициенты, постоянные для данного вида торфа;

$\rho_1$ – плотность спрессованного материала;

$\rho_0$ – плотность исходного материала.

Тогда работа сжатия материала записывается в виде

$$A_{сж} = -\int_{h_0}^{\Delta} F \cdot dh = -\int_{h_0}^{\Delta} p \cdot S \cdot dh = -S \int_{h_0}^{\Delta} \frac{\kappa_2}{\frac{h_0}{h_0 - \Delta} - \kappa_1} dh$$

где $h_0$ – исходная высота материала;

$\Delta$ – толщина запрессовываемого слоя.

Интегрируя, получаем

$$A_{сж} = -S \cdot \kappa_2 \left( \frac{h_0}{\kappa_1} ln \left| h_0 - h_0 \cdot \kappa_1 + \kappa_1 \cdot \Delta \right| - \frac{\Delta}{\kappa_1} - \frac{h_0}{\kappa_1} ln\, l_0 + \frac{h_0}{\kappa_1} \right)$$

или после преобразований

$$A_{сж} = -S \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \left( h_0\, ln \left| 1 - \kappa_1 + \kappa_1 \frac{\Delta}{h_0} \right| + h_0 - \Delta \right) =$$

$$= -\frac{\kappa_2 \cdot M}{\kappa_1} \left( \frac{1}{\rho_0} ln \left| 1 - \kappa_1 \cdot \left( 1 - \frac{\rho_0}{\rho_1} \right) \right| + \frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_1} \right),$$

где $M$ – масса сжимаемого материала.

В нашем случае

$$M = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho_1 \cdot \Delta$$

где $d$ – диаметр отверстия матрицы.

Поэтому окончательно выражение для работы сжатия имеет вид

$$A_{сж} = -\frac{\kappa_2}{\kappa_1} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \Delta \cdot \left( \frac{\rho_1}{\rho_0} ln \left| 1 - \kappa_1 \cdot \left( 1 - \frac{\rho_0}{\rho_1} \right) \right| + \frac{\rho_1}{\rho_0} - 1 \right) \qquad (3)$$

Работа силы трения материала о стенки отверстия матрицы равна

$$A_{тр} = F \cdot \Delta, \qquad (4)$$

где $F$ – сила трения:

$$F = f \cdot \xi \cdot \pi \cdot d \cdot \int_0^l p_x dx, \qquad (5)$$

$f$ – коэффициент трения материала о стенки отверстия;

$\xi$ – коэффициент бокового давления материала;

$l$ – длина отверстия матрицы;

$p_x$ – давление в материале на расстоянии $x$ от начала отверстия (рис. 1).

Интегрируя в границах изменения давления от $p$ до $p_x$ и высоты от $0$ до $x$, получаем

$$p_x = p \cdot e^{-\frac{4 \cdot \xi \cdot f}{d} \cdot x},$$

где $p$ – давление, действующее в начале отверстия (в зоне сжатия).

Подставив значение $p_x$ в выражение (5) и учитывая выражение (2), после интегрирования получим

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p \cdot \left( 1 - e^{-\frac{4 \cdot f \cdot \xi}{d} \cdot l} \right) = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{4 \cdot f \cdot \xi}{d} \cdot l} \right) \cdot \frac{\kappa_2}{\frac{\rho_1}{\rho_1 - \rho_0} - \kappa_1}$$

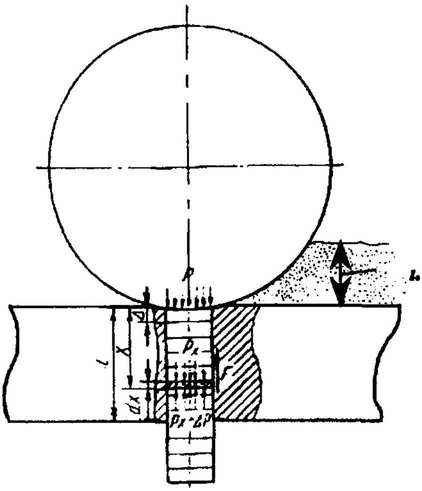


Рисунок 1 – Рабочая система «матрица-ролик»

Тогда работа силы трения

$$A_{mp} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{4 \cdot f \cdot \xi}{d} \cdot l} \right) \cdot \Delta \cdot \frac{\kappa_2}{\frac{\rho_1}{\rho_1 - \rho_0} - \kappa_1}. \qquad (6)$$

Приравняв (6) и (3), определим длину отверстия матрицы

$$l = \frac{d}{4 \cdot f \cdot \xi} \cdot \ln \frac{1}{\left( 1 - \frac{1}{\kappa_1 \cdot \left( 1 - \frac{\rho_0}{\rho_1} \right)} \right) \cdot \left( \frac{\rho_1}{\rho_0} \ln \left| 1 - \kappa_1 \cdot \left( 1 - \frac{\rho_0}{\rho_1} \right) \right| + \frac{\rho_1}{\rho_0} - 1 \right) + 1} \qquad (7)$$

Полученная формула устанавливает связь между диаметром отверстия, физико-механическими свойствами материала, необходимой степенью сжатия и длиной отверстия матрицы и может быть использована для практических расчётов. Имея в качестве исходных данных диаметр отверстий матрицы, плотность получаемых гранул и зная физико-механические свойства материала, по формуле рассчитывается длина отверстий матрицы

Заменив $\dfrac{\rho_1}{\rho_0} = \gamma$ – степень уплотнения, получаем обобщённую формулу зависимости отношения длины матричного канала к диаметру от необходимой степени уплотнения

$$\frac{l}{d} = \frac{1}{4 \cdot f \cdot \xi} \cdot ln \frac{1}{\left(1 - \dfrac{1}{\kappa_1 \cdot \left(1 - \dfrac{1}{\gamma}\right)}\right) \cdot \left(\gamma ln \left|1 - \kappa_1 \cdot \left(1 - \dfrac{1}{\gamma}\right)\right| + \gamma - 1\right) + 1} \qquad (8)$$

Расчёт, проведенный по формуле (8) для матриц с различными диаметрами отверстий при принятых исходных данных $f$=0,15; $\xi$=0,45; $\kappa_1$=1,4, иллюстрируется графиком, приведенным на рис. 2.

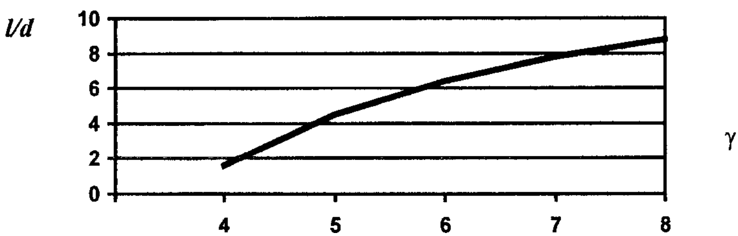


Рисунок 2 – Зависимость отношения *l/d* в матрице от необходимой степени уплотнения продукта

Таким образом, формула (8) позволяет определить соотношение между толщиной матрицы и диаметром отверстия в зависимости от требуемой степени уплотнения и характеристик прессуемого материала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1.Чабукиани Ц.В., Мартыненко Я.Ф. Режим гранулирования кормовых мучек. – Пищевая технология, 1988, № 2. 2.Винников Г.А. Исследование процесса гранулирования комбикормов в прессах с вращающейся кольцевой матрицей. Автореф. канд. дис. М., 1974.-24 с. 3.Подколзин Ю.В. Аналитическое определение длины отверстий матрицы пресс-гранулятора. – Тракторы и сельхозмашины, 1972, № 10. 4.Rieschel H. Uber den Verdichtungsvorgang beim Brikettieren. Aufbereitungstechnik, 1971, №11. 5.Долгов И.А. Закономерности сжатия сено-соломенных материалов. – Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1972, №10. 6.O'Dogherty M.J., Wheeler J.A. Compression of Straw to high densities in closed cilindrical dies. J. agric. Engng Res., 1984, №1. 7.Богатов Б.А. Моделирование и оптимизация процессов брикетного производства. – М.: Недра, 1976. –184 с.

*УДК 629.113 – 592*

С.В.ГИЛЬ, канд. техн. наук, (БГПА)

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРИВЕДЕНИЯ ОБЪЁМА ТРУБОПРОВОДА К ОБЪЁМУ НАПОЛНЯЕМОЙ ЁМКОСТИ

При динамическом расчёте пневмоприводов различного назначения моделируются процессы наполнения сжатым воздухом полостей пневмодвигателей и пневмоаппаратов, соединённых трубопроводами, и их последующее опорожнение. В дифференциальные уравнения, описывающие эти процессы, входят расчётные объёмы ёмкости и трубопровода [1, 2]. В отличие от сосредоточенного объёма ёмкости объём трубопровода равномерно распределён по его длине. Использование в расчётах суммарного объёма ёмкости и трубопровода [3] приводит к погрешностям, которые возрастают с увеличением доли объёма трубопровода в общем объёме. Это обусловлено тем, что условия наполнения (или опорожнения) сосредоточенного и распределённого объёмов существенно отличаются по затратам временит и энергии. Распределённая ёмкость наполняется или опоражнивается быстрее и с меньшими потерями, чем равная ей по объёму сосредоточенная. Влияние объёма трубопровода зависит также от его сопротивления. Для увеличения точности расчётов необходимо распредёлённый объём трубопровода заменять условным сосредоточенным объёмом при помощи коэффициента приведения и в расчёте учитывать эквивалентный объём ёмкости, равный сумме объёмов самой ёмкости и присоединённого условного сосредоточенного объёма трубопровода. Особенно важно выполнять такое приведение в случаях наполнения (опорожнения) малых сосредоточенных объёмов различных пневмоаппаратов через трубопроводы большой длины.

Трубопровод и соединённую с ним ёмкость представим как двухзвенную пневмоцепь (рис. 1, а), в которой объём $V_E$ наполняется через объём $V_T$, равный объёму трубопровода, и два пневмосопротивления $(\mu A)_T$ и $(\mu A)_1$, ха-