

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИКИ СЖИМАЕМОСТИ СМЕСИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА С ДВУОКИСЬЮ УГЛЕРОДА.

Меретуков З.А., Кошевой Е. П.

Майкопский государственный технологический университет,
г. Майкоп, Россия, e-mail: zamer@radnet.ru

Кубанский государственный технологический университет,
г. Краснодар, e-mail: k-mapp@kubstu.ru

Получение пористых гранул в экструдере – представляется эффективным способом подготовки растительных материалов к экстракции. Осуществить это возможно за счет «взрывного» характера расширения гранул на выходе из матрицы при интенсивном фазовом переходе, содержащегося в материале жидкого компонента.

Для обеспечения низких температур протекания процесса расширения экструдированного материала предлагается использовать в качестве жидкого компонента двуокись углерода. Она вводится в обрабатываемый материал в виде твердой фазы, смешиваясь под атмосферным давлением на входе экструдера [1]. Двуокись углерода специально вводится для достижения лучшего эффекта «взрыва» при подготовке материала к экстракции методом экструзии. При этом влага не учитывается, так как в данном случае ее влияние не существенно.

В экструдере при движении материала в винтовом канале происходит увеличение давления в предматричной зоне. В случае отсутствия устройств для отвода тепла, материал увеличивает свою температуру. При этом из-за увеличения давления и температуры на обрабатываемый материал происходит фазовый переход CO_2 .

Важно оценить плотность смеси растительного материала и двуокиси углерода, находящейся в межчастичном пространстве обрабатываемого материала при режимах экструдирования (температуре и давлении).

Чтобы изучить изменение плотности смеси растительного материала и двуокиси углерода в жидкой и паровой фазе в шнековом канале экструдера примем рабочую температуру $T=298$ К и широкий диапазон изменения давления в докритической области.

Для расчетов фазовых превращений в такой системе рекомендуется применять кубическое уравнение состояния Ван-дер-Ваальса в виде:

$$z^3 - (B+1)z^2 + Az - AB = 0, \quad (1)$$

$$\text{где } B = \frac{bP}{RT} \text{ и } A = \frac{aP}{(RT)^2}$$

Известно предложение [2] применять для описания поведения твердофазных материалов (полимеров) модифицированное уравнение состояния Ван-дер-Ваальса

$$(P + p)(v - w) = R'T \quad (2)$$

где π - внутреннее давление ($p = a/v^2 \approx a/b^2$, предполагается, что π не зависит от объема); ω - константа ($\omega=b$).

С целью проверки применимости данного уравнения для моделирования поведения смесей растительного материала и двуокиси углерода преобразуем уравнение (2) к виду

$$v = \frac{R'T}{P + p} + w \quad (3)$$

и обработаем полученные экспериментальные данные по ромашке аптечной [3]. Результаты представлены на рисунке 1.

При обработке получены следующие значения коэффициентов уравнения (2): $\omega=0,000357$; $R'T=0,137986$; $\pi=161,1565$. Из рисунка 1 видна высокая точность описания, как экспериментальных значений, так и характера зависимости.

Для описания поведения смеси растительного материала с двуокисью углерода использовали уравнение состояния Ван-дер-Ваальса (1). При этом, следуя приведенному в работе [4] анализу фазовых переходов в прессуемом материале вводили некоторые допущения [3].

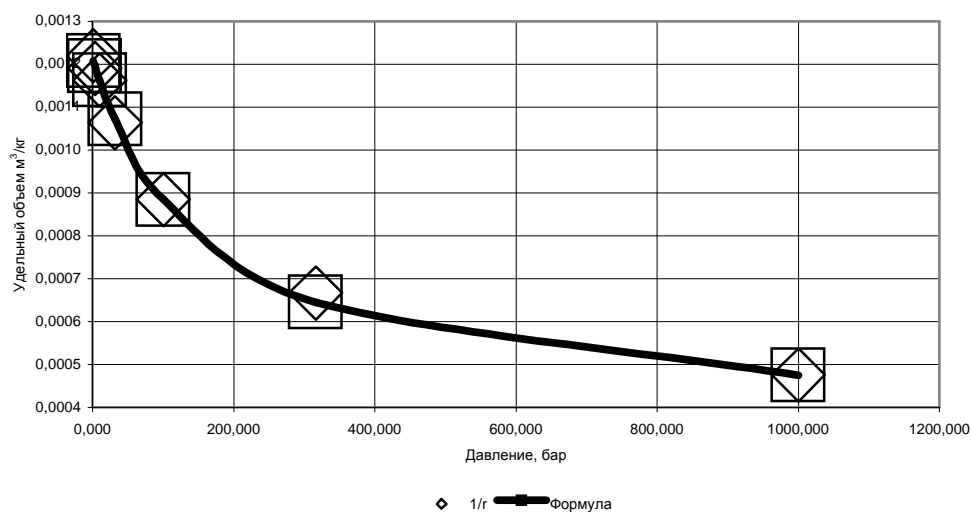


Рис.1. Зависимость удельного объема ромашки аптечной от давления.
 - экспериментальные данные; \square - расчетные значения.

В начале был выполнены расчеты коэффициента сжимаемости при варьировании состава смеси и давления по уравнению (1).

Полученные данные по коэффициентам сжимаемости позволили выполнить расчеты плотности при варьировании состава смеси и давления для двух температур 298К и 308К. Результаты этих расчетов представлены на рисунках 2а и 2б.

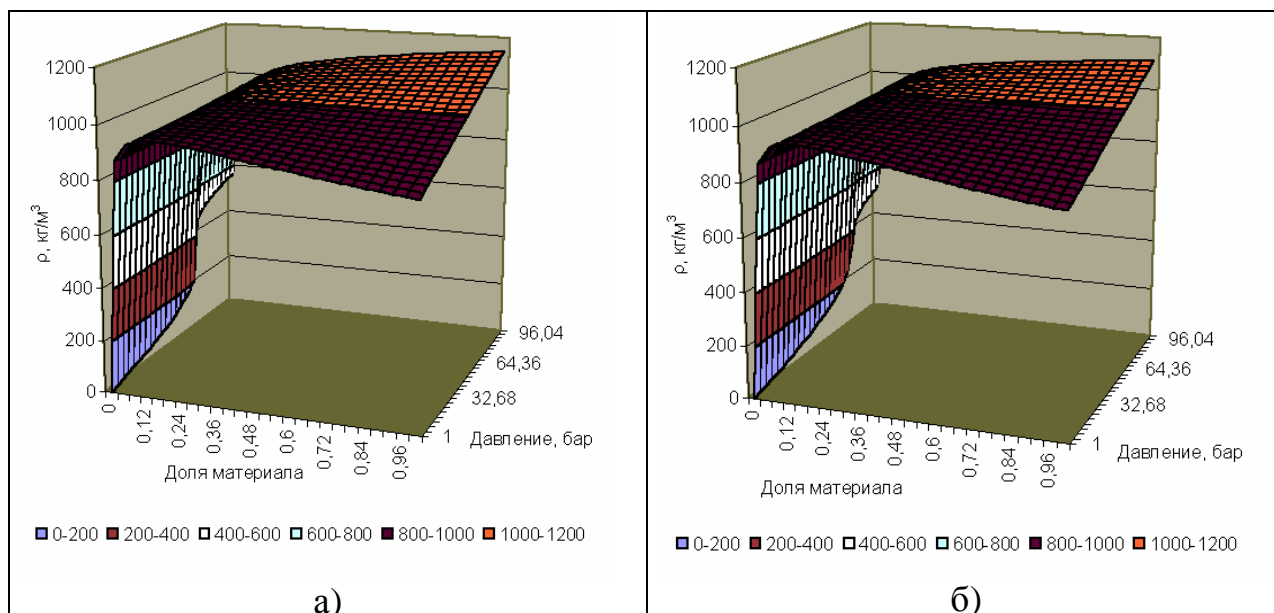


Рис.2. Зависимость плотности от состава смеси растительный материал – двуокись углерода и давления при температуре: а) 298К и б) 308К.

Характер зависимостей на рисунках 2а и 2б совпадает и в указанном диапазоне существенного влияния температура не оказывает. Низкая

плотность характерна для двуокиси углерода, и она резко возрастает уже при доле растительного материала в смеси 0,05-0,06. При низких давлениях с ростом доли растительного материала в смеси плотность даже несколько понижается, однако с ростом давления плотность смеси растет, особенно при повышении доли материала в смеси до предельных значений.

Полученная модель поведения смеси в виде уравнения состояния позволяет оценить значение коэффициента объемного расширения от давления

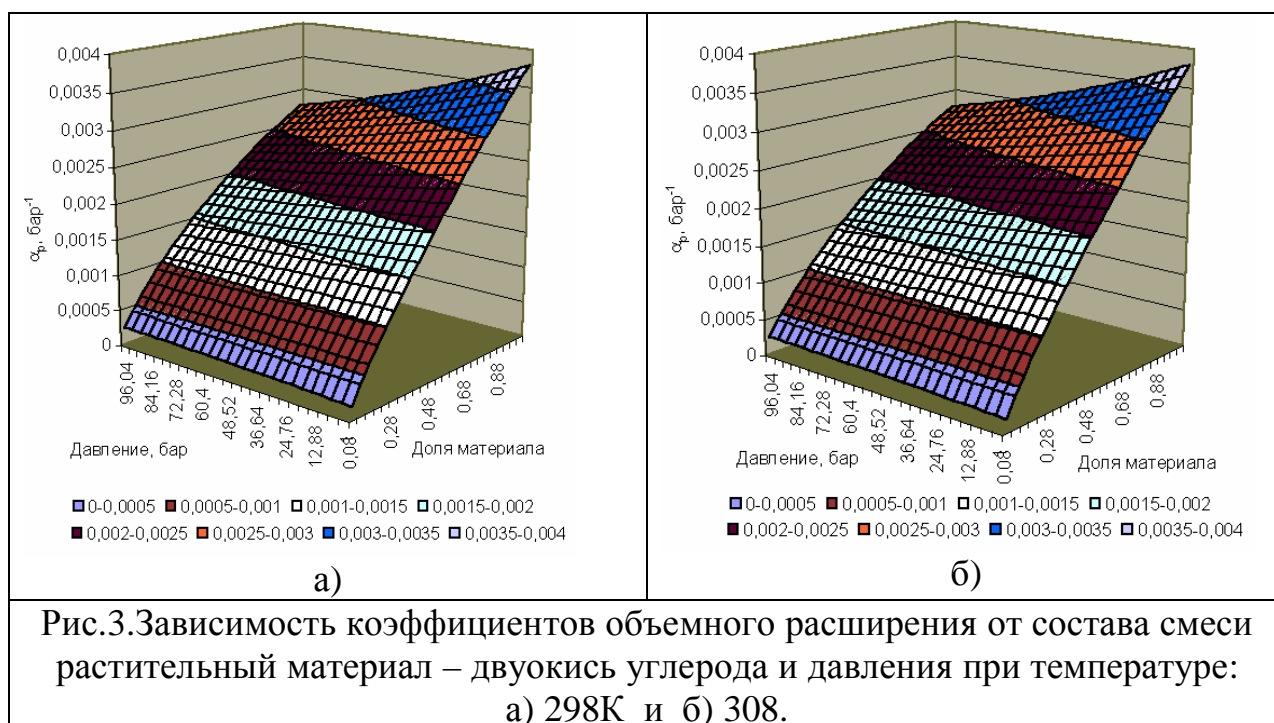
$$a_{pv} = \frac{1}{r} \left(\frac{\partial r}{\partial P} \right)_T = -\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial P} \right)_T \quad (4)$$

Для коэффициента объемного расширения от давления твердофазного растительного материала без подачи двуокиси углерода зависимость можно представить в виде

$$a_{pv} = \frac{1}{(P+p) + (w/RT)(P+p)^2}, \text{ бар}^{-1} \quad (5)$$

Выполненные расчеты по плотности смеси позволили рассчитать коэффициенты объемного расширения от давления. Аппроксимируя кубическими сплайнами расчетные данные по плотности и взяв производную и выполнив расчеты в соответствии с уравнением (4) получили возможность построить зависимости коэффициентов объемного расширения от состава смеси твердофазного растительного материала и двуокиси углерода при различных давлениях для двух температур 298К и 308К. Результаты расчетов представлены на рисунках 3а и 3б.

Для обеих температур характер зависимостей и значения коэффициентов объемного расширения, как видно из рисунков 3а и 3б, практически одинаковые. Наибольший рост коэффициентов объемного расширения отмечается с ростом доли растительного материала в смеси. С ростом давления отмечается некоторое снижение коэффициентов объемного расширения. С учетом связи $\alpha_{pv} = \alpha_p^3$ и размерностей согласие с данными, полученными при испытании экструдера [3], хорошее.



В результате проведенного моделирования получены численные значения основных параметров процесса деформирования смеси растительного материала и двуокиси углерода. Можно отметить, что при небольшой доли в смеси двуокиси углерода можно получить свойства, требуемые для ведения процесса экструдирования смеси с последующим ее расширением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошевой Е.П., Меретуков З.А., Меретуков М.А., Латин Н.Н. Установка для подготовки растительного материала к CO_2 –экстракции. Свидетельство на полезную модель №36830. Бюллетень №9, 2004.
2. Бернхардт Э. Переработка термопластичных материалов. Пер. с англ. М., Химия, 1965. -748 с.
3. Меретуков З.А. Совершенствование подготовки растительного сырья к экстракции способом экструдирования. Автореф. Канд. Дисс. Майкоп, 2004. – 24 с.
4. Корнильев Н. Б., Груздев И. Э. Гидродинамический анализ течения высоковязких пищевых масс в шнековом канале//Известия вузов. Пищевая технология. -1975. -№ 4. -С. 104-107.