

Косачев Вячеслав Степанович

д-р техн. наук, профессор

Гукасян Александр Валерьевич

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный

технологический университет»

г. Краснодар, Краснодарский край

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА ВЯЗКОПЛАСТИЧНОГО МАТЕРИАЛА В КАНАЛЕ ШНЕКА

Аннотация: в работе моделируется течение вязкопластичного материала Бингамовского типа в шнековом прессе. Моделирование гидродинамики вязкопластичных материалов позволяет оптимизировать процессы эмульгирования и фракционирования целевых компонентов пищевой промышленности.

Ключевые слова: скорость сдвига, напряжение сдвига, течение вязкопластичного материала, моделирование гидродинамики.

Моделирование гидродинамики вязкопластичных материалов позволяет оптимизировать процессы эмульгирования [1] и фракционирования [3] целевых компонентов пищевой промышленности. Используемые методы решения уравнений гидродинамики [6], как правило, основаны на реологии течения жидкости с постоянной вязкостью [7]. В тоже время пищевые компоненты представляют собой вязкопластичные материалы [8] неньютоновской реологии [9]. В работе моделируется течение вязкопластичного материала Бингамовского типа [2] в шнековом прессе с использованием реологического уравнения [4]:

$$\tau(\dot{\gamma}, p) = (0,016 \cdot p + 10,604 \text{ Па}) + (1,607 \cdot \text{Па} \cdot \text{сек}) \cdot \dot{\gamma} \quad (1),$$

где p – давление в канале прессы; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига. Уравнение (1) позволяет определить напряжение сдвига $\tau(\dot{\gamma}, p)$ по скорости сдвига материала $\dot{\gamma}$. В случае прямоугольного профиля скорость материала определяется уравнением аналитически [5], что позволяет табулировать скорость сдвига, как усредненный по площади профиля модуль градиента скорости материала, аппроксимируемый

регрессионной зависимостью, полученной для скорости движущейся крышки v относительно габаритов канала шнека:

$$\gamma(v, b, h) = (v \text{ с/м}) \cdot \left\{ \frac{a_0}{\left(\frac{h}{\text{м}}\right)^{a_1}} + \left(\frac{b}{\text{м}}\right)^{[a_2 \cdot \left(\frac{h}{\text{м}}\right) - a_3]} \cdot \{a_4 + a_5 \cdot \exp[a_6 \cdot \left(\frac{h}{\text{м}}\right)]\} - a_7 \right\} \cdot G_{\text{ш}} \quad (2),$$

где v – скорость крышки канала; b – ширина канала; h – высота канала.

Таблица 1

Значения коэффициентов регрессионной зависимости (2).

Коэффициенты	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
Значения	1,751	0,949	7,932	0,712	4,426	1,372	29,037	13,736

Уравнение (2) позволяет определить напряжение сдвига $\tau(\dot{\gamma}, p)$ по скорости сдвига материала $\gamma(v, b, h)$. Учитывая симметричность и линейность распределения скорости в канале относительно его середины, получаем распределение скорости сдвига по высоте: $\dot{\gamma}(v, y) = 2 \cdot \gamma(v, b, h) \cdot y$, где y – текущая высота канала, $0 < y < h$. Тогда напряжение сдвига в середине канала определяется следующим соотношением:

$$\tau(\dot{\gamma}, p) = (0,016 \cdot p + 10,604 \text{ Па}) + (1,607 \cdot \text{Па} \cdot \text{сек}) \cdot 2 \cdot \gamma(v, b, h) \cdot \frac{y}{h} \quad (3).$$

Учитывая, что давление в канале пресса меняется линейно по его длине, уравнение (3) может быть использовано для определения зоны пластичного ядра по соотношению $\tau \leq \tau_T = (0,016 \cdot \Delta P \cdot z + 10,604 \text{ Па})$, где ΔP – градиент давления по оси z , $0 < z < L$ (L – длина канала).

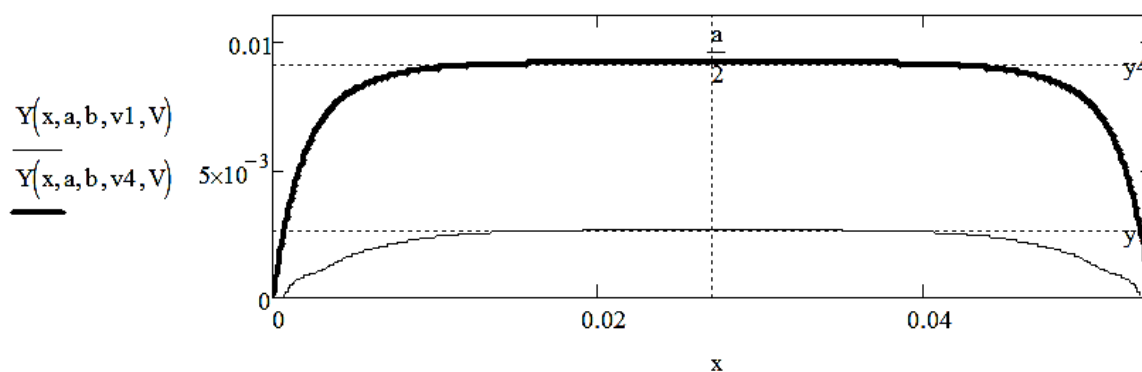


Рис. 1. Профиль пластичного ядра в канале шнека

Результаты моделирования (Рис. 1) показывают формирование застойной зоны по длине канала от 0,1L (v1) до 0,4L (v4). Найденные зависимости позволяют оптимизировать профиль канала за счет перехода, например, к трапецевидному сечению.

Список литературы

1. Modeling of membrane process of nano- and miniemulsies formation / Kh. R. Blyagoz, A.A. Skhalyakhov, A.A. Zaslavets, E.P. Koshevoi, V.S. Kosachev // Новые технологии. – 2011. – №2. – С. 15–17.
2. Гукасян А.В. Анализ факторов процесса отжима растительного масла в шнековом прессе // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2017. – №4 (358). – С. 64–68.
3. Гидравлика реверсивного течения внутри мембраны контактора / А.А. Заславец, А.А. Схалыхов, Е.П. Кошевой, В.С. Косачев, С.Е. Кошечая // Новые технологии – 2013. – №2. – С. 91–94.
4. Косачев В.С. Реологическая модель течения маслянистого материала в экструдере / В.С. Косачев, А.В. Гукасян // Актуальные направления научных исследований: перспективы развития: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 10 дек. 2017 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – С. 193–195.
5. Косачев В.С. Аналитика скорости сдвига в прямоугольном канале с неподвижной крышкой / В.С. Косачев, А.В. Гукасян // Образование и наука в современных реалиях: Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 17 дек. 2017 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – С. 146–148.
6. Методы решения дифференциальных уравнений гидродинамики / З.А. Меретуков, А.А. Заславец, Е.П. Кошевой, В.С. Косачев // Новые технологии. – 2012. – №1. – С. 36–41.
7. Меретуков З.А. Решение задачи нелинейной напоропроводности при отжиме / З.А. Меретуков, В.С. Косачев, Е.П. Кошевой // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2011. – №5–6 (323–324). – С. 62–64.

8. Постановка задачи описания переноса тепла, массы и давления при сушке / С.А. Подгорный, Е.П. Кошевой, В.С. Косачев, А.А. Схяхов // Новые технологии. – 2014. – №3. – С. 20–27.

9. Разработка модели конденсации парогазовых смесей с полимерными полуволоконными мембранами / А.А. Схяхов, А.Г. Верещагин, В.С. Косачев, Е.П. Кошевой // Новые технологии. – 2009. – №1. – С. 39–43.