

**Гукасян Александр Валерьевич**

канд. техн. наук, доцент

**Косачев Вячеслав Степанович**

д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный

технологический университет»

г. Краснодар, Краснодарский край

## **АНАЛИТИКА СКОРОСТИ СДВИГА В ПРЯМОУГОЛЬНОМ КАНАЛЕ С НЕПОДВИЖНОЙ КРЫШКОЙ**

***Аннотация:** в данной работе рассмотрено влияние габаритов прямоугольного канала шнекового пресса на скорость сдвига материала, транспортируемого по этому каналу. Автором представлена математическая модель распределения скоростного напора в канале экструдера.*

***Ключевые слова:** прямоугольный канал, скоростной набор, поправочные коэффициенты, скорость сдвига.*

Гидродинамика пористых сред в значительной мере определяет инновационное развитие пищевой промышленности [1]. Получение пищевых растительных масел в промышленности основано на его отжиме [2]. Моделирование процессов отжима растительного масла в шнековых прессах непрерывного действия [3] базируется на решении одномерной задачи Куэтта [4]. Однако проектирование реальных промышленных установок [5] требует введения значительного количества поправочных коэффициентов [6]. В ряде случаев эти величины связаны с переходом от одномерной задачи Куэтта [6] к двумерной задаче Пуассона [7].

В данной работе рассмотрено влияние габаритов прямоугольного канала шнекового пресса на скорость сдвига материала, транспортируемого по этому каналу.

В отличие от одномерной постановки [8] задача формулируется как двумерная с неподвижной крышкой и движущимися стенками. В этом случае скоростной напор определяется следующей зависимостью:

$$V_{z_{xy}}(x, y, a, b, V) := V - \frac{4 \cdot V}{\pi} \cdot \sum_{k=0}^K \frac{\sinh\left[(2 \cdot k + 1) \cdot \pi \cdot \frac{(b - y)}{a}\right] \cdot \sin\left[(2 \cdot k + 1) \cdot \pi \cdot \frac{x}{a}\right]}{(2 \cdot k + 1) \cdot \sinh\left[(2 \cdot k + 1) \cdot \pi \cdot \frac{b}{a}\right]} \quad (1);$$

где  $a, b$  – габариты канала ( $a > b$ ),  $m$ ;  $x, y$  – декартова система координат, ( $0 < x < a$ ) и ( $0 < y < b$ );  $V$  – скорость движения стенок канала (1 м/сек).

Скорость сдвига в канале при скорости его стенок 1 м/сек и неподвижной крышке пропорциональна градиенту скорости (1):

$$\text{grad}V_z(x, y, a, b, V) := \left[ \begin{array}{l} \sum_{k=0}^K \frac{4 \cdot V \cdot \sinh\left[\frac{\pi \cdot (b - y) \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right] \cdot \cos\left[\frac{\pi \cdot x \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right]}{a \cdot \sinh\left[\frac{\pi \cdot b \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right]} \\ \sum_{k=0}^K \frac{4 \cdot V \cdot \cosh\left[\frac{\pi \cdot (b - y) \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right] \cdot \sin\left[\frac{\pi \cdot x \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right]}{a \cdot \sinh\left[\frac{\pi \cdot b \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right]} \end{array} \right] \quad (2).$$

Градиент скорости (2) позволяет определить влияние геометрии канала на модуль градиента:

$$\text{mgr}V_z(x, y, a, b, V) := \sqrt{\left[ \sum_{k=0}^K \frac{4 \cdot V \cdot \sinh\left[\frac{\pi \cdot (b - y) \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right] \cdot \cos\left[\frac{\pi \cdot x \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right]}{a \cdot \sinh\left[\frac{\pi \cdot b \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right]} \right]^2 + \left[ \sum_{k=0}^K \frac{4 \cdot V \cdot \cosh\left[\frac{\pi \cdot (b - y) \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right] \cdot \sin\left[\frac{\pi \cdot x \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right]}{a \cdot \sinh\left[\frac{\pi \cdot b \cdot (2 \cdot k + 1)}{a}\right]} \right]^2} \quad (3).$$

Среднее значение градиента (3) при изменении габаритов канала определяет среднюю скорость сдвига  $\bar{\gamma}(a, b)$  в канале для Ньютонской реологии (Рис. 1).

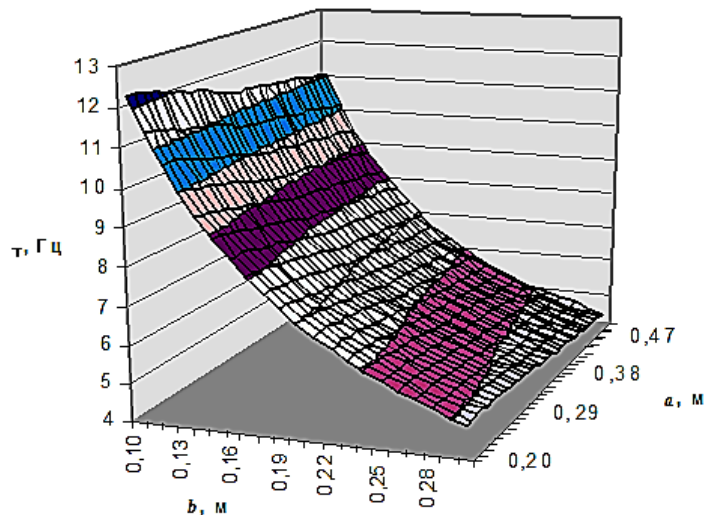


Рис. 1. Средняя скорость сдвига в канале для Ньютоновской реологии

Средняя скорость сдвига при скорости стенок 1 м/сек в зависимости от габаритов канала (Рис. 1) описывается уравнением:

$$\bar{\gamma}(a,b) = \left( 1,986 \cdot \Gamma_{\text{ц}} - 0,796 \cdot \frac{\Gamma_{\text{ц}}}{\text{м}} \cdot a \right) \cdot \left( \frac{b}{\text{м}} \right)^{-0,831} \quad (4).$$

Найденная в результате аналитического решения двумерного уравнения Пуассона зависимость (4) позволяет значительно упростить расчет расходно-напорных характеристик экструдерной части шнековых прессов для отжима растительных масел.

### **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 / А.В. Гукасян // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2017. – №4 (358). – С. 64–68.
3. Гидравлика реверсивного течения внутри мембраны контактора / А.А. Заславец [и др.] // Новые технологии. – 2013. – №2. – С. 91–94.
4. Методы решения дифференциальных уравнений гидродинамики / З.А. Меретуков [и др.] // Новые технологии. – 2012. – №1. – С. 36–41.

5. 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.

6. Подгорный С.А. Определение параметров математической модели равновесных свойств зерна в гигроскопической области нелинейной оптимизацией / С.А. Подгорный, В.С. Косачев, Е.П. Кошевой // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2010. – №5–6. – С. 85–87.

7. Постановка задачи описания переноса тепла, массы и давления при сушке / С.А. Подгорный [и др.] // Новые технологии. – 2014. – №3. – С. 20–27.

8. Технологическое оборудование пищевых производств / Б.М. Азаров [и др.]; под ред. Б.М. Азарова. – М.: Агропромиздат, 1988. – 463 с.