

В данном курсе рассматриваются темы: «Новые технологии в системе школьного образования», «Значение преподавания биологии», «Новые разработки в учебно-методических комплексах», «Личность учителя», «Современный урок», «Развитие интеллекта и обучение через технологию IQ», «Технология развития памяти и логики», «Интеграция новых живых объектов в преподавание биологии» и «Интеграция научных знаний в преподавание биологии». Курс занимает всего 24 часа. Эффективность подхода проверена успеваемостью студентов, посещающих занятия (87.7%).

Кроме того, в основу курса положены опыт и деятельность кафедры по развитию НИР со школьниками. Так, в течение ряда лет кафедра поддерживает тесную связь с ведущими вузами и научными центрами - МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Э.Баумана и ИОГен им. Н.И. Вавилова РАН, участвуя в подготовке молодых исследователей для участия в научных конференциях, тематических олимпиадах и международных конкурсах, в т.ч. в рамках научно-социальной программы «Шаг в будущее».

Математическая модель неизотермического течения вязкой жидкости В предматричной зоне экструдера

Д.т.н. Остриков А.Н., к.т.н. Абрамов О.В., к.т.н. Рудометкин А.С.

Воронежская государственная технологическая академия, Воронеж

Характер изменений обрабатываемого материала в экструдере зависит от режима экструдирования и его длительности. Гидродинамика движения экструдата обуславливает характер и интенсивность протекания взаимосвязанных процессов: тепло- и массопереноса и физико-химических изменений, происходящих в обрабатываемом продукте. Поток расплава формируется в каналах экструдера, поступает в предматричную зону и выдавливается через отверстия в матрице.

Для исследования движения потока расплава через отверстия матрицы экструдера рассмотрим течение жидкости в ступенчатом цилиндрическом канале, который на длине l_1 будет иметь диаметр d_1 , а на длине l_2 – диаметр d_2 ($d_1 > d_2$). Принимаем, что поток расплава при подходе к предматричной зоне уже установился и течение расплава можно считать стационарным.

Для каждого k – го канала можно записать систему дифференциальных уравнений неизотермического течения сплошной среды. Рассмотрим асимметричное движение среды, кото-

рое моделируется двухмерным течением. В этом случае тангенциальная составляющая скорости равна нулю. Так как течение расплава является стационарным, а сплошная среда – аномально-вязкой и несжимаемой, то пренебрегая массовыми силами, которые малы вследствие достаточно большой вязкости, можно использовать следующие дифференциальные уравнения в цилиндрической системе координат: уравнение несжимаемости, уравнения движения и уравнение энергии с использованием функции диссипации Φ , характеризующей интенсивность преобразования кинетической энергии в тепловую. При изучении течения сплошной среды будем применять реологическое уравнение, которое выражается в виде обобщенного степенного закона.

Выразим обозначенные уравнения в переменных тока j и вихря w , для которых уравнения связи с составляющими скорости J_z , J_r имеют вид

$$J_z = \frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial r}; \quad J_r = -\frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial z}; \quad w = \frac{\partial J_r}{\partial z} - \frac{\partial J_z}{\partial r}. \quad (1)$$

Тогда уравнение несжимаемости будет выполняться автоматически.

В результате преобразований получим в безразмерном виде:

- уравнение для функции тока (общее уравнение движения)

$$\frac{\partial}{\partial \bar{z}} \left(\frac{\bar{w}}{\bar{r}} \frac{\partial \bar{y}}{\partial \bar{r}} \right) - \frac{\partial}{\partial \bar{r}} \left(\frac{\bar{w}}{\bar{r}} \frac{\partial \bar{y}}{\partial \bar{z}} \right) = \frac{\bar{h}}{\bar{r}^2 \text{Re}} \left\{ \frac{\partial}{\partial \bar{r}} \left[\bar{r}^3 \frac{\partial}{\partial \bar{r}} \left(\frac{\bar{w}}{\bar{r}} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial \bar{z}} \left[\bar{r}^3 \frac{\partial}{\partial \bar{z}} \left(\frac{\bar{w}}{\bar{r}} \right) \right] \right\} + \bar{S}_w \quad (2)$$

где безразмерные величины

$$\bar{y} = \frac{y}{J_0 R_0^2 r}; \quad \bar{w} = \frac{w R_0}{J_0}; \quad \bar{T} = \frac{T}{T_0}; \quad \bar{h} = \frac{h}{h_0};$$

$$\bar{S}_w = \frac{R_0^2}{J_0^2 r} S_w; \quad (3)$$

- уравнение энергии

$$\frac{1}{\bar{r}} \left(\frac{\partial \bar{y}}{\partial \bar{r}} \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{z}} - \frac{\partial \bar{y}}{\partial \bar{z}} \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{r}} \right) = \frac{1}{Pe} \left(\frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial \bar{z}^2} + \frac{1}{\bar{r}} \frac{\partial}{\partial \bar{r}} \left(\bar{r} \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{r}} \right) \right) + \bar{\Phi}; \quad (4)$$

- уравнение для вихря

$$\frac{\partial}{\partial \bar{z}} \left(\frac{1}{\bar{r}} \frac{\partial \bar{y}}{\partial \bar{z}} \right) + \frac{\partial}{\partial \bar{r}} \left(\frac{1}{\bar{r}} \frac{\partial \bar{y}}{\partial \bar{r}} \right) + \bar{w} = 0; \quad (5)$$

- граничные условия

$$\bar{T}|_{\bar{z}=0} = 1, \quad \bar{T}|_{\bar{r}=1} = 1; \quad y|_{z=0} = \frac{\bar{r}^2}{2}; \quad y|_{r=1} = \frac{1}{2};$$

$$-\bar{w}|_{r=1} = \frac{\partial^2 y}{\partial \bar{r}^2} \Big|_{r=1}; \quad \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{r}} \Big|_{\bar{r}=0} = 0;$$

$$\bar{y}|_{\bar{r}=0} = 0; \quad \bar{w}|_{\bar{r}=0} = 0 \quad (6)$$

Таким образом, получена математическая модель (2 - 6) неизотермического течения вязкой жидкости в цилиндрическом канале. В выражениях принято: $Re = J_0 R_3 r / h_0$ - число Рейнольдса; $Ec = J_0^2 / (T_0 c)$ - число Эккерта; $Pe = rc J_0 R_3 / l$ - число Пекле.

В уравнение (2) входит нелинейная функция \bar{S}_w содержащая члены с производными первого и второго порядка от функции вязкости h , характеризующей вязкостные свойства расплава. Структура функции \bar{S}_w может быть подобрана путем моделирования течения расплава в канале с использованием модели (2 - 6).

Ввиду того, что решение задачи течения расплава в предматричной зоне, сформулированной в виде конечно-разностных уравнений для вихря, функции тока и энергии (2 - 6), является задачей большой размерности, то для ее решения будем использовать итерационный метод, который можно представить в виде последовательности шагов.

Для моделирования процесса течения расплава вязкой жидкости разработана программа **Model** на языке программирования **Turbo Pascal 7.0** в среде **Windows 95**.

Последовательно решаются задачи на установление течения расплава в предматричной зоне, затем для вихря и на установление уравнения энергии. В каждом случае процесс установления заканчивается, если выполняется критерий точ-

ности. Вычислительный процесс прекращается, если расход через отверстие в матрице будет по величине близким расходу на входе в канал.

Расчет проведен для расплава вязкой жидкости в канале с размерами $L = 12$ мм, $D = 12$ мм и отверстиями в матрице $d = 4$ мм. Общее число узлов разностной сетки области $D - N_{zR} = 1875$. Число узлов области D по координате $z - 75$, по координате $R - 25$. Шаг сетки по координате z составил $D_z = 0,027$, по координате $r - D_R = 0,0417$. Расход расплава на входе в канал $R_{shs} = 0,0905$ м³/с и через отверстие в матрице $R_{shs} = 0,0926$ м³/с, т.е. ошибка на установление процесса составляет $D = [(0,0905 - 0,0926)/0,0905] \cdot 100 \% = 2,3 \%$.

Эпюра скоростей расплава вязкой жидкости в различных сечениях вблизи отверстия в матрице приведена на рисунке.

Методом машинного эксперимента осуществлена проверка полученных решений на адекватность реальному процессу экструдирования. Отклонение расчетных данных от экспериментальных по абсолютному значению не превышало 14 %.

Выводы

1. Выявлен характер изменения поля скоростей расплава вязкой жидкости в различных сечениях вблизи отверстия в матрице экструдера.

2. Полученная модель позволяет с достаточной точностью ($\pm 14 \%$) рассчитать не только скорости течения вязкой жидкости в предматричной зоне, но и определить производительность экструдера при изменении технологических параметров процесса экструдирования.

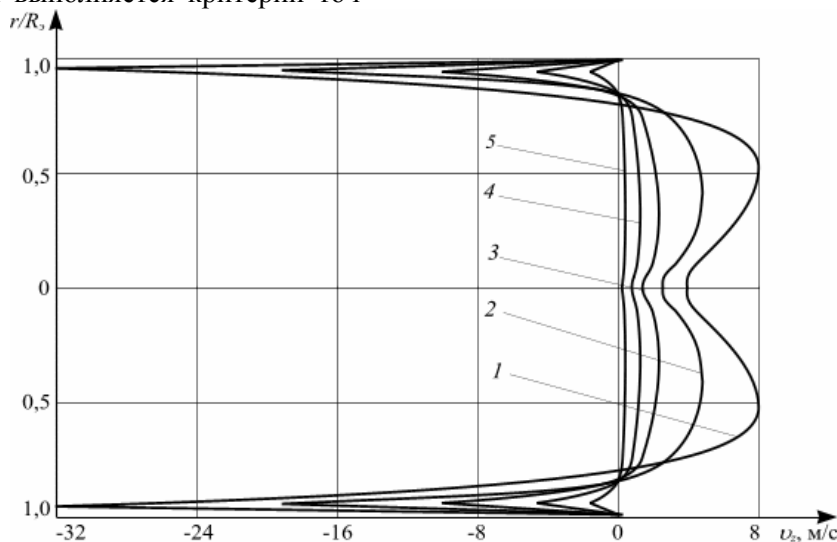


Рис. Эпюра скоростей расплава на входе в канал матрицы в различных сечениях предматричной зоны (r/R):
1 - 2,00; 2 - 1,86; 3 - 1,59; 4 - 1,32; 5 - 1,05