

грамм трудно найти такую, которая отвечала бы предъявляемым требованиям в полном объеме, тогда оптимальным выходом является разработка и подготовка программных обучающих средств, программных оболочек, использующих гипертекстовые и мультимедийные технологии с учетом целей обучения и программы обучения.

Использование разработанных электронных пособий открывает новые возможности организации обучения и самообучения учащихся. Применение информационных технологий в процессе обучения является неоднозначным по своей оценке, поэтому нуждается в серьезном обосновании их целесообразности, поскольку еще не изучены многие направления в работе с информационными технологиями в образовательном процессе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соловов, А.В. Информационные технологии обучения в профессиональном образовании//Информатика и образование. - 1996.

2. Ашхотов, О., Здравомыслов, М., Ашхотова, И. Компьютерные технологии в образовании// Высшее образование в России. - М.: 1996. -№ 3.

3. Гультяев, А.К. Macromedia Authorware 6.0. Разработка мультимедийных курсов, Санкт-Петербург, изд-во Корна принт. 2002.

4. Ханцева, Г.Г. Формирование профессиональной направленности студентов в процессе изучения иностранного языка: автореф. дисс. ... пед.наук. - Новосибирск, 2000.

УДК 532.783

Реут И.В.

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель канд. физ.-мат. наук доцент  
Развин Ю.В.*

*В работе методами компьютерного моделирования рассмотрены вопросы строения и гидродинамики необычной физической*

среды – жидкого кристалла. Теоретическая часть работы содержит основные понятия теории упругости, физики жидкости и молекулярной физики. Использование в учебном процессе жидких кристаллов позволяет проводить лекционный эксперимент по данным разделам физики.

В настоящее время компьютерное моделирование составляет неотъемлемую часть фундаментальной и прикладной науки. Современные компьютерные технологии по своему значению не только сравнимы, но и могут превышать по своим возможностям традиционные экспериментальные и теоретические научные методы. Поэтому использование компьютерных технологий в образовательном процессе является важнейшим направлением инженерного образования. Обучение принципам компьютерного моделирования способствует расширению знаний студентов в области теоретических основ изучаемой дисциплины, развитию у них определенных практических навыков самостоятельной научно-исследовательской и инженерной деятельности.

В качестве объекта компьютерного исследования в работе используется нематическая жидкокристаллическая среда. Жидкие кристаллы – это жидкости, характеризующиеся определенным порядком расположения молекул и, как следствие, анизотропией физических свойств (например, анизотропия вязкоупругих свойств).

В рамках микроскопического приближения рассмотрена следующая физическая модель исследуемой среды: молекулы нематика представляют собой твердые стержни. Можно предположить, что эти стержни характеризуются полной симметрией вращения относительно единичного вектора  $a$ , направленного вдоль оси стержня. Направление преимущественной ориентации молекул характеризуется вектором  $n$  (т.н. ось нематика или директор). Если направление оси нематика выбрать в качестве оси  $z$  прямоугольной системы координат, то в общем случае, вектор  $a$  определяется полярными углами  $\theta$  и  $\varphi$ . Тогда можно записать:  $a_x = \sin\theta \cos\varphi$ ,  $a_y = \sin\theta \sin\varphi$ ,  $a_z = \cos\theta$ .

Необходимо отметить, что директор определяет направление ориентации ЖК-молекул. Мерой ориентационного порядка является степень упорядоченности:  $S = \frac{1}{2} \langle 3 \cos^2 \Theta - 1 \rangle$ . Угол  $\Theta$  – угол между осью отдельной молекулы и директором жидкого кристалла.

Состояние движущейся жидкости характеризуется её скоростью  $v(r,t)$  и любыми двумя термодинамическими величинами: например,

давлением  $p(r,t)$  и плотностью жидкости  $\rho(r,t)$ . В случае нематиков необходимо учитывать распределение директора  $n(r,t)$ . Заметим, что все эти величины относятся к элементу объёма жидкости, находящейся в данный момент времени  $t$  в заданной точке пространства с координатами  $r(x,y,z)$ . Рассмотрим уравнение непрерывности. Масса жидкости, протекающей за единицу времени через единицу площади поверхности, равна компоненте вектора  $\rho v$ , перпендикулярной этому элементу поверхности. Полный поток  $\rho v$  через поверхность равен скорости изменения плотности жидкости в этом объёме

$$\left( \frac{d}{dx_\alpha} \rho v_\alpha \right) = \frac{d}{dt} \rho ,$$

где через  $x_\alpha$  обозначены переменные  $x,y,z$ .

Рассмотрим несжимаемую жидкость, для которой  $p(r,t)=\text{const}$ , т.е. исключим из рассмотрения распространение звуковых волн. Уравнение динамики для рассматриваемого объема записывается в виде:

$$\rho \cdot \frac{d}{dt} v = f ,$$

где  $f$  – сила, действующая на единицу объёма.

В общем случае  $f$  может быть представлена как сумма нескольких составляющих. Во-первых, действует сила, определяемая градиентом давления  $p$ . Во-вторых, действуют внешние силы, которые можно описать потенциалом  $\phi$  (гравитационное поле). Если ввести тензор напряжений  $\sigma$  (представляющий собой силу, действующую на единицу площади), то уравнение можно переписать в виде

$$\rho \cdot \left[ \frac{\partial}{\partial t} v_\alpha + \left( \frac{\partial}{\partial x_\beta} v_\alpha \right) \cdot v_\beta \right] = \frac{\partial}{\partial x_\beta} \sigma_{\alpha\beta} ,$$

где  $\sigma_{\alpha\beta} = -p \delta_{\alpha\beta} + \varepsilon_{\alpha\beta}$ .

Параметр  $\sigma_{\alpha\beta}$  – символ Кронекера, а  $\varepsilon_{\alpha\beta}$  – компоненты тензора напряжений. Очевидно, что легко перейти к следующей записи

$$\varepsilon_{\alpha\beta} = \eta \cdot \left( \frac{\partial}{\partial x_{\beta}} v_{\alpha} + \frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} v_{\beta} \right),$$

где  $\eta$  – коэффициент вязкости.

Рассмотрим теперь течение нематического жидкого кристалла при постоянном градиенте скорости. Пусть этот нематик находится между двумя параллельными пластинами, перпендикулярными оси  $x$ , скорость течения направлена вдоль оси  $z$ , а градиент скорости вдоль оси  $x$  будет направлен так, что  $v(0,0,u(x))$ . В этом случае эффективная вязкость в соответствии с рассматриваемой моделью определяется следующей формулой

$$\varepsilon_{xz} = \eta \cdot \frac{\partial}{\partial x} u$$

и зависит от ориентации директора  $n$ , которая определяется углами  $\varphi$  и  $\theta$ . Если предположить, что ориентация директора фиксирована с помощью внешнего воздействия, то возможны три предельных случая:

1) директор параллелен направлению градиента скорости ( $\varphi=0$ ,  $\theta=90^\circ$ ,  $\eta=\eta_1$ );

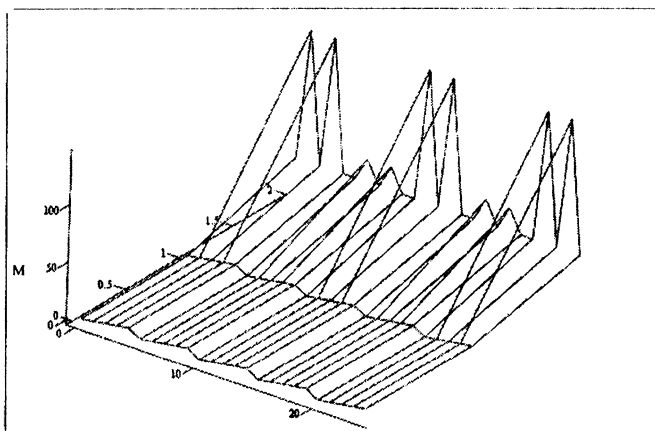
2) директор параллелен направлению скорости течения ( $\theta=90^\circ$ ,  $\eta=\eta_2$ ,  $\varphi=0$ );

3) директор перпендикулярен плоскости сдвига, т.е. плоскости, в которой лежат векторы градиента скорости и скорости ( $\theta=90^\circ$ ,  $\eta=\eta_3$ ,  $\varphi=90^\circ$ ).

Таким образом, эффективная вязкость нематика при фиксированном направлении директора равна

$$\eta = \left[ (\eta_1 + \eta_{12} \cdot \cos\theta^2) \cdot \sin\theta^2 \cdot \cos\varphi^2 \right] + \eta_2 \cdot \cos\varphi^2 + \eta_3 \cdot \sin\theta^2 \cdot \sin\varphi^2.$$

Решение уравнения динамики для жидкого кристалла показывает, что в данном случае в слое формируется периодическая структура. На представленном рисунке приведено типичное решение, иллюстрирующее формирование пространственных структур:



Отметим, что полученные результаты могут быть полезны при анализе течения вязкой жидкости в трубопроводах (например, нефти и др.). Сравнение данных компьютерного моделирования и результатов экспериментального измерения позволяет сделать вывод о характере упорядочения молекул ЖК- слоев со свободной поверхностью и обобщить полученные результаты на молекулярные биологические системы.

УДК 37.01:007

Санникович В.В.

**ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ  
СРЕДА ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ: ДИДАКТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ**

*Республиканский институт профессионального образования,  
Минск, Республика Беларусь.*

*Научный руководитель канд. пед. наук доцент Анкуда С.Н.*

*Informational resources are an inalienable spring of the preparation of professional staff. The effective integration of the informational technologies*