

ний расплавов линейных полимеров в различных режимах деформирования [2].

Система уравнений динамики записана в одномерном приближении, с учетом теплопереноса, когда продольная скорость, температура, скорость удлинения, ненулевые компоненты тензора напряжений являются функциями только продольной координаты, а параметры реологической модели являются известными функциями температуры.

Получена система обыкновенных дифференциальных уравнений для зависимости полуширины и толщины пленки от ее продольной скорости в случае двусосного растяжения. Было осуществлено так называемое обезразмеривание задачи, т.е. приведение всех уравнений системы, граничных условий и т.д. к безразмерному виду. Что предоставило возможность ввести в рассмотрение безразмерные числа: Прандтля, Нуссельта, Рейнольдса и Вайсенберга – параметры модели. В результате преобразованная система была решена и исследовано влияние параметров на полуширину пленки и ее скорость. Так же было рассмотрено влияние параметра анизотропии растяжения потока.

Проведено сравнение с имеющимися в литературе экспериментальными данными по замерам полуширины различных образцов полимерной пленки, и показана необходимость учета анизотропии потока при моделировании процесса формования полимерных пленок в одномерном приближении.

### **Библиографический список**

1. Пышнограй Г.В., Покровский В.Н., Яновский Ю.Г. и др. Определяющее уравнение нелинейных вязкоупругих (полимерных) сред в нулевом приближении по параметрам молекулярной теории и следствия для сдвига и растяжения // Докл. АН. – 1994. Т. 339, №5. – С. 612–615.

2. Pyshnograi G.V., Gusev A.S., Pokrovskii V.N. Constitutive equations for weakly entangled linear polymers // Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics. – 2009. –V. 163, №1-3. – P. 17–28.

## **Математическое исследование напряженно-деформированного состояния в геоматериалах**

***А.В. Устюжанова***  
*АлтГУ, г. Барнаул*

В естественных условиях геоматериалы (горные породы, грунты, сыпучие среды) состоят из минеральных частиц (зерен, гранул) с по-

рами и трещинами, то есть имеют неоднородную структуру. Поведение подобной среды является сложным, поэтому для его математического описания в случае, когда линейный размер исследуемой области намного превосходит размеры отдельных зерен и пор, используется континуальная модель, получаемая с помощью процедуры осреднения [1]. Другими словами при исследовании напряженно-деформированного состояния геоматериал рассматривают как сплошную упруго-пластическую среду, в которой могут присутствовать разрывы сдвигового типа и неоднородности.

Модель, используемая в данной работе для изучения процессов деформирования в геоматериалах, включает в себя: описание плоской области с отверстиями и сдвиговыми трещинами, представленными в виде разрезов; математическую модель материала; граничные условия. Так как упруго-пластическое поведение зависит от истории нагружения, то постановка задачи и ее решение проводится в приращениях. На каждом шаге нагружения требуется определить поля приращений перемещений и приращений напряжений.

Математическая модель материала состоит из уравнений равновесия; соотношений, связывающих приращения деформаций с компонентами вектора приращений перемещений; уравнений состояния. В упругой части области выполняется закон Гука. Возникновение пластических деформаций в материале обусловлено критерием, состоящим в достижении функцией текучести предельной величины.

Численное решение поставленной задачи реализовано на основе метода конечных элементов [2]. Разработанные универсальные программы для построения сеток позволяют учитывать форму, размеры, расположение отверстий и сдвиговых трещин. В качестве основных форм отверстий были рассмотрены отверстия, моделирующие поперечные сечения горных выработок.

Численные расчеты проведены для некоторых геоматериалов (известняк, песчаник). Полученные результаты дают возможность исследовать влияние отверстий и сдвиговых трещин на напряженно-деформированное состояние геоматериалов и прогнозировать появление областей пластического поведения при различных условиях нагружения.

### **Библиографический список**

1. Николаевский В.Н. Геомеханика и флюидомеханика. – М.: Недра, 1996.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975.