

ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ТРЕНИЯ РЭЛЕЯ НА ВЯЗКОУПРУГОЕ ТЕЧЕНИЕ КУЭТТА

И. А. Концевой, А. М. Жуковский

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Сила трения Рэлея $F = -\zeta \mathbf{v}$ дает возможность моделировать широкий круг термогидродинамических явлений, представляющих практический интерес: периодические течения в тонких слоях жидкости, вихревые структуры в задачах промышленной экологии и прикладной геофизики. Здесь \mathbf{v} – вектор скорости жидкости; ζ – коэффициент сопротивления. Такая модель сопротивления оказалась также эффективной в задачах теплообмена при кристаллизации полупроводников в ус-

ловиях орбитального полета [1]. Основная идея этого подхода состоит в том, что гидродинамическое описание расплава вблизи фазовой границы учитывает наличие кластерных образований, которые вызывают сопротивление течению. В большинстве известных работ по этой проблеме применялся линейный вариант силы трения: $\zeta = \text{const}$. Здесь мы учитываем нелинейность внешнего сопротивления в неизотермических условиях. Полагаем, что коэффициент сопротивления зависит от температуры T , монотонно растет при увеличении $|v|$ и является четной функцией скорости:

$$\zeta = \zeta(v^2, T), \quad \partial\zeta / \partial(v^2) > 0.$$

Данная работа продолжает исследования [2], [3] и имеет целью изучить количественные характеристики воздействия нелинейной силы сопротивления на завихренность вязкоупругой жидкости. Выполнен подробный анализ плоского двумерного стационарного сдвигового течения Куэтта для вязкоупругой жидкости Яумана. Две основные серии расчетов проведены для коэффициентов сопротивления, обладающих тепловыми свойствами вида $\partial\zeta / \partial T < 0$ и $\partial\zeta / \partial T > 0$. Детально рассмотрены свойства течения в «горячей» области $T > T_0$, $\varepsilon^2 < 1$ и в «холодной» области $0 < T < T_0$, $\varepsilon^2 > 1$. Здесь T_0 – отсчетное значение температуры; ε^2 – параметр решения, характеризующий неизотермичность процесса. Если $\varepsilon^2 = 1$, то течение изотермическое. В результате расчетов получены функциональные связи между безразмерными параметрами течения при различных значениях времени релаксации вязких напряжений. Установлены новые закономерности поведения завихренности в неизотермических условиях.

На рис. 1, а представлен пример корреляции «скорость–температура» для «горячей области»; каждая такая линия является окружностью; на рис. 1, б показана зависимость квадрата радиуса этой окружности от параметра ε^2 .

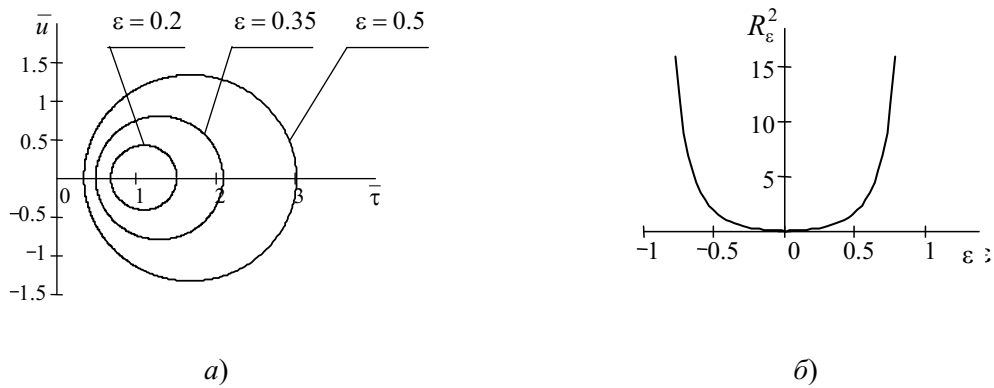


Рис. 1

Данная работа выполнена в рамках госпрограммы «Энергетические системы, процессы и технологии». Научный руководитель проекта профессор О. Н. Шабловский.

Литература

1. Кластерная модель структуры расплавов в погранслое и ее гидродинамическое описание при моделировании процессов кристаллизации полупроводников в космосе / А. В. Картавых [и др.] // Поверхность. Рентгенов., синхротрон. и нейтрон. исслед. – 2004. – № 6. – С. 91–98.

224 Секция VII. Физические и математические методы исследования

2. Шабловский, О. Н. Тригонометрический профиль скорости сдвигового течения вязкой жидкости / О. Н. Шабловский // Вестн. Южно-Урал. гос. ун-та. Сер. Математика. Механика. Физика. – 2011. – Вып. 5. – № 32 (249). – С. 77–82.
3. Шабловский, О. Н. Гидродинамические и тепловые аспекты кластерной модели структуры расплава. Ч. 2. Два типа температурной зависимости силы сопротивления кластерных образований / О. Н. Шабловский, Д. Г. Кроль, И. А. Концевой // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та имени П. О. Сухого. – 2016. – № 2. – С. 65–73.