

УДК 532.533:524.3

А.Т.Кулиев (5 курс, каф. ГАД), А.М.Кривцов, д.ф.-м.н., проф.

ИССЛЕДОВАНИЯ ОСРЕДНЕННОГО ТЕЧЕНИЯ ПЛАЗМЫ В ПОЛУТЕНИ СОЛНЕЧНОГО ПЯТНА В РАМКАХ ПРОСТЕЙШЕЙ МОДЕЛИ

Настоящая работа посвящена моделированию гидродинамических процессов, происходящих внутри сложных физических образований в фотосфере Солнца – солнечных пятен [1,2].

Согласно общепринятой схеме, солнечное пятно состоит из области тени и области полутени. Из астрономических наблюдений известно, что в области тени солнечный газ заторможен, а на границе тени и полутени имеет место мощное конвекционное истечение, обуславливающее возникновение мощных радиальных токов на поверхности полутени. На внешней границе полутени происходит обратное втекание газа внутрь фотосферы.

В используемой нами простейшей гидродинамической модели область полутени солнечного пятна, в которой, собственно, и происходит движение газа, представляет собой кольцевую область между двумя соосными ограниченными по длине цилиндрами с внутренним радиусом r и внешним радиусом R (рис. 1).

Предполагается, что на оси симметрии (на высоте H) находится источник нитей, движущихся в радиальных направлениях от центра солнечного пятна к его краям. Задавая распределение $V(x)$ скорости нитей, известное из данных наблюдений поверхности фотосферы, можно рассчитать течение внутри кольцевой области. При этом следует принять во внимание тот факт, что газ в области тени цилиндра покоится.

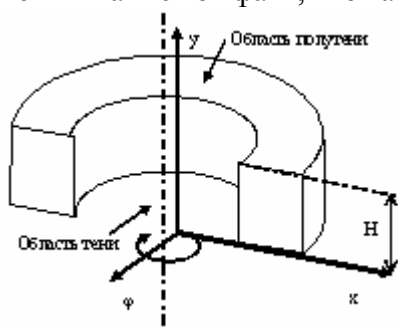


Рис. 1. Схема солнечного пятна

На данном этапе исследования анализ структуры течения в области полутени основывается на модели вязкой несжимаемой жидкости с постоянными физическими свойствами. В этом случае критериями подобия задачи являются число Рейнольдса Re и два геометрических параметра: $\frac{r}{R-r}$ и $\frac{H}{R-r}$. Оценка этих параметров исходила из данных астрономических наблюдений, согласно которым $\frac{r}{R-r} \cong 0.2$, $\frac{H}{R-r} \cong 0.01$ (в реальности

толщина фотосферы около 300 км, а диаметр пятна около 40000 км). Оценки для числа Рейнольдса дают интервал значений от 1000 до 7000.

Расчеты в рамках принятой осесимметричной модели выполнены с использованием численного метода решения уравнений Навье-Стокса [3]. Численные решения получены методом установления (с введением искусственной сжимаемости) на основе конечно-разностной схемы второго порядка точности [4,5]. На рис. 2 в качестве примера

представлено решение задачи, полученной при $\frac{r}{R-r} = 0.2$, $\frac{H}{R-r} = 0.01$, $Re = 2500$.

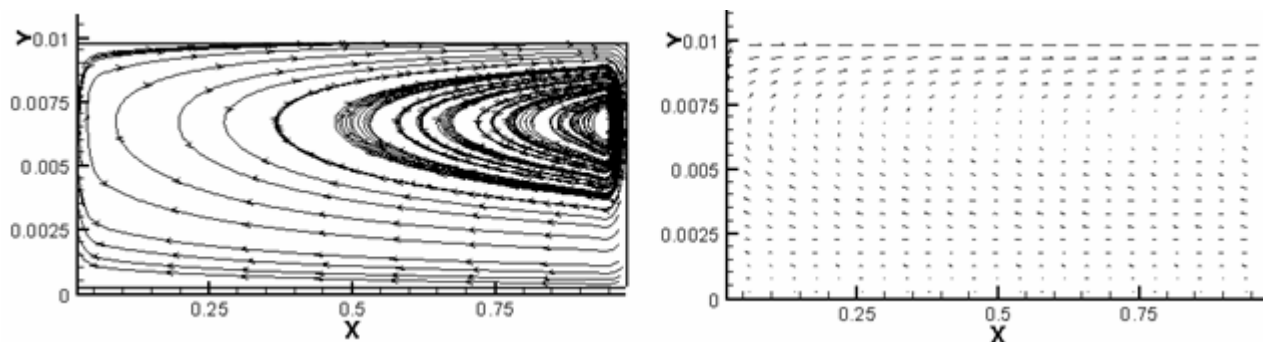


Рис. 2. Линии тока и поле скоростей в области полутени солнечного пятна

Видно, в частности, что центр вихря, формирующегося в области полутени, сильно смещен к периферии солнечного пятна.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гибсон Э. Спокойное Солнце. М.: 1997.
2. Прист П. Солнечная магнитогидродинамика. М.: 1983.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Л.: 1973.
4. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. М.: 1990.
5. Головачев Ю.П., Колешко С.Б. Численные методы решения уравнений динамики жидкости и газа. Л.: 1990.