

УДК 532.52

Особенности течения вязких жидкостей в поперечном магнитном поле

Мамедов Асиман Низами Оглы¹, Пастушенко Сергей Иванович²

1-КПИ им. Игора Сикорского, Киев, Украина

2-Бережанский агротехнический институт, Тернопольская обл. Украина

Аннотация. Одной из актуальных проблем магнитной гидродинамики является проблема течения электропроводных при наличии поперечного магнитного поля. К сожалению, до настоящего времени исследования данных задач недостаточны. В связи с этим, в настоящей работе сделана попытка рассмотреть влияние постоянного магнитного поля на кинематические и динамические характеристики нестабилизированного течения на гидродинамическом начальном участке при условии действия пондеромоторных сил.

Ключевые слова: электропроводная жидкость, гидродинамический начальный участок, пондеромоторные силы, магнитное поле.

Одной из актуальных проблем гидромеханики является проблема, связанная с нестабилизированными течениями вязких и аномально – вязких жидкостей в поперечном магнитном поле. Как известно, поперечное магнитное поле может существенно влиять на гидродинамические характеристики электропроводных жидкостей. Исследования Регирера [1], Шерклифа [2], Повха [3], Бай Ши И [4] и других авторов показали, что магнитное поле с одной стороны может влиять на торможение потока, а с другой стороны на реологические свойства электропроводной жидкости. Данные факторы могут существенно влиять на кинематические и динамические характеристики нестабилизированного течения на гидродинамическом начальном участке. Анализ уравнений нестабилизированного течения электропроводной жидкости в магнитном поле показал, что интенсивность дестабилизации потока связана с соотношением представленных в данном уравнении сил инерции, сил вязкого трения и сил, имеющих магнитную природу. В данной работе рассматривалось уравнение, имеющее следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho \left(u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) = -\frac{dp}{dx} + \mu \frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} - \frac{\sigma |\vec{B}^2|}{c^2} u_x + \frac{\sigma |\vec{E}^*(x)| |\vec{B}(x)|}{c} \\ \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} = 0 \\ u_x = u_y = 0 \text{ при } y = \pm b, \int_{-b}^b u_x dy = 2bU = const, \\ u_x = u_0(y) \text{ при } x = 0, \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\frac{\sigma |\vec{E}^*(x)| |\vec{B}(x)|}{c}$ – силы, имеющие магнитную природу.

Для случая гидродинамического начального участка анализ данных уравнений и исследования, представленные автором, показывают, что влияние магнитного поля на течение жидкости может быть оценено действием пондеромоторных сил, имеющих следующий вид:

$$\vec{F}_{\text{пм}} = \frac{1}{\sigma} [\vec{j} \times \vec{B}] = (\text{rot} \vec{B}) \times \frac{\vec{B}}{\mu^*} = \frac{(\vec{B} \text{ grad}) \vec{B}}{\mu^*} - \frac{\text{grad} \vec{B}}{2\mu}, \quad (2)$$

В представленной работе проведен анализ неустойчивого течения в описанных условиях и проведено сопоставление особенностей течения электромагнитной жидкости при наличии и отсутствии магнитных сил. В качестве примера на рисунке 1 показано, каким образом изменяется “дефицит” скорости при условии стабилизированного и неустойчивого течения.

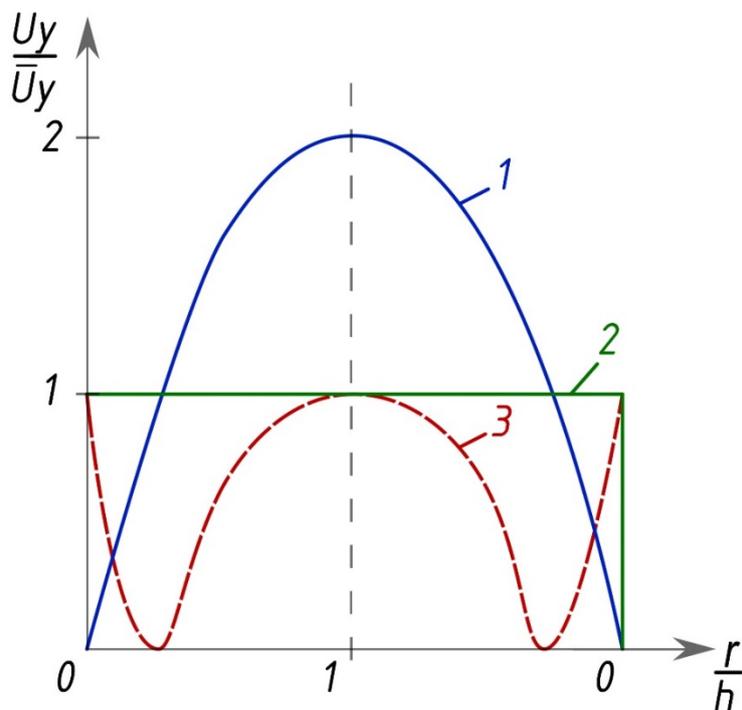


Рисунок 1. Разница эпюр скоростей на входе в начальный участок и на его выходе

На основании анализа изменения величины “дефицита” скорости по длине гидродинамического начального участка (“дефицит” скорости в конце участка равен нулю) определяется длина начального участка. Опыты подтверждают существующие представления о длине начального участка (Шерклиф [2], Бай Ши И [4]) как функции величины числа Рейнольдса (Re) и числа Гартмана (Ha):

$$Ha = Bd \sqrt{\frac{\sigma}{\mu}}. \quad (3)$$

Анализ закона изменения давления по длине гидродинамического начального участка в поперечном магнитном поле в настоящей работе был представлен как сумма двух слагаемых:

- первое слагаемое соответствует перепаду давления при стабилизированном течении;
- второе слагаемое – дополнительный перепад давления, связанный с проявлением пондеромоторных сил и сил от конвективного ускорения.

Список литературы

1. Ватажин А. Б., Любимов Г. А., Регирер С. А. Магнитогидродинамические течения в каналах, М., Наука, 1970. 672 с.
2. Шерклиф Дж. Курс магнитной гидродинамики, М., Мир, 1967. 320 с.
3. Повх И. Л., Капуста А. Б., Ченин Б. “Магнитная гидродинамика”, М., Металлургия, 1974. 238 с.
4. Бай Ши И. Магнитная газодинамика и динамика плазмы. М., Мир, 1964, 302 с.