

## Расчет движения проводящей жидкости, вызванного всплеском электромагнитного поля.

С.Ю. Маламанов<sup>1</sup><sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

Магнитная гидродинамика (МГД) – наука, лежащая на границе механики сплошных сред и классической электродинамики. Связь этих двух разделов физики проявляется в появлении в движущейся проводящей среде, находящейся в магнитном поле, индукционного тока (его необходимо брать в расчет в уравнениях Максвелла). С другой стороны - действие магнитного поля на ток приводит к электромагнитной силе, силе Лоренца -  $\mathbf{j} \times \mathbf{B}$ , которую следует учитывать в уравнениях движения среды. Плотность тока  $\mathbf{j}$  находится из обобщенного закона Ома

$$\mathbf{j} = \sigma(\mathbf{E} + \mathbf{u} \times \mathbf{B}),$$

где  $\sigma$  – коэффициент электропроводности,  $\mathbf{u}$  – скорость движения, а  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{B}$  – напряженности электрического и магнитного полей соответственно.

Сила Лоренца выражена через векторное произведение, наибольшее значение которого, при прочих равных условиях, достигается, когда определяющие его вектора взаимно перпендикулярны [1]. Именно этот факт и послужил основой для последующего анализа некоторых аспектов силового взаимодействия в системе «магнитное поле - среда». Наиболее простой моделью, в которой можно обеспечить взаимную перпендикулярность векторов  $\mathbf{j}$  и  $\mathbf{B}$ , по-видимому, является течение в зазоре цилиндрического конденсатора.

Численное моделирование осуществлялось на базе уравнений МГД, реализованных в гидродинамическом модуле комплекса ANSYS. Схема течения приведена на рис. 1.

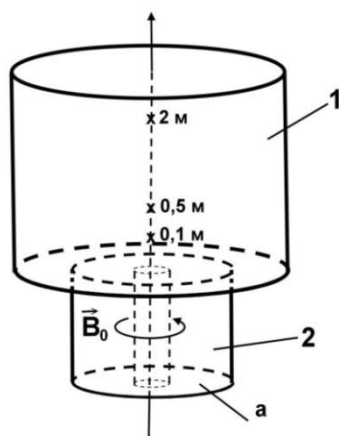


Рис.1. Схема течения. 1 – расширительный бак, 2 – цилиндрический конденсатор.

Крестиками отмечены лежащие на оси симметрии точки, в которых воспроизводились результаты расчетов, а - свободная поверхность.

В расширительном баке и конденсаторе находится проводящая жидкость с удельной электропроводностью  $\sigma = 3 \text{ См/м}$ , что соответствует морской воде. В пространстве конденсатора прикладывается в импульсе тороидальное магнитное поле, а между обкладками поддерживается разность потенциалов – 1000 В. Импульс моделируется линейным нарастанием поля от 0 до 1 Тл в течение 0.5 с., с последующим линейным падением до 0 Тл за 0.5 с.

Сила Лоренца, действующая на проводящую жидкость в конденсаторе, направлена вертикально вверх и выталкивает жидкость из конденсатора в расширительный бак. Некоторые результаты расчетов приведены на рис. 2.

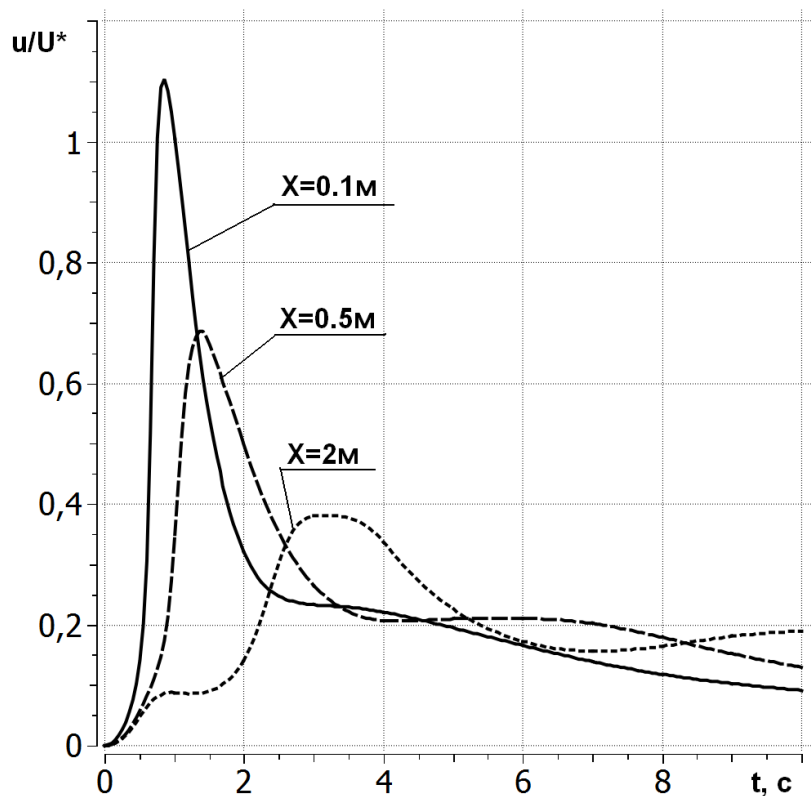


Рис.2. Распределения относительной скорости в зависимости от времени на различных расстояниях вдоль оси симметрии.  $U^*$  - характерная скорость, равная отношению высоты бака ко времени изменения магнитного поля.

Таким образом, на лицо влияния изменяющегося магнитного поля на движение проводящей среды.

#### Литература

1. Кирко И.М., Кирко Г.Е. Магнитная гидродинамика. Современное видение проблем. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ижевский институт компьютерных исследований, 2009. – 632с.