

**И. Б. Клементьева, И. О. Тепляков, Д. А. Виноградов, Ю. П. Ивочкин**

*Объединенный институт высоких температур РАН  
ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, Москва, 125412, Россия*

*ira.klementyeva@mail.ru*

**РЕЖИМЫ ЭЛЕКТРОВИХРЕВОГО ТЕЧЕНИЯ  
В ПОЛУСФЕРИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ  
(КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ)\***

**Введение**

Взаимодействие электрического тока, протекающего в среде, с собственным и внешним магнитными полями является причиной возникновения электровихревых течений (ЭВТ), имеющих место как в естественных (атмосферное торнадо, галактики, гидромагнитное динамо), так и в технических системах (использование жидкометаллического теплоносителя, электродуговые и электрошлаковые печи, сварка). Изучение ЭВТ, с одной стороны, поможет понять суть природных феноменов, а с другой – позволит создать инструменты управления эффективностью технологических процессов.

В данной работе исследуются различные режимы электровихревого течения расплава эвтектики, формирующегося под действием электромагнитной силы в ограниченном объеме полусферической геометрии. При этом основное внимание уделяется условиям выбора физической модели описания: магнитогидродинамической или электродинамической.

**Постановка задачи**

Рассматриваемая система соответствует ранее созданной и описанной, например, в [1] экспериментальной секции. Численные исследования процессов проводятся с использованием коммерческого CFD пакета и собственных подпрограмм расчета электродинамики. Вычисления базируются как на электродинамическом приближении (когда в законе Ома полного тока не учитывается индуцируемый ток, возникающий при движении среды в магнитном поле, что справедливо для малых магнитных чисел Рейнольдса), так и на магнитогидродинамической модели.

**Результаты**

После включения электрического тока вследствие его взаимодействия с собственным магнитным полем под действием электромагнитной силы в объеме формируется интенсивное электровихревое течение жидкого металла, представляющее собой торои-

---

\* Работа была представлена в качестве приглашенного доклада на XII Всероссийской конференции молодых ученых «Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии», 16–22 марта 2018 г., Новосибирск – Шерегеш.

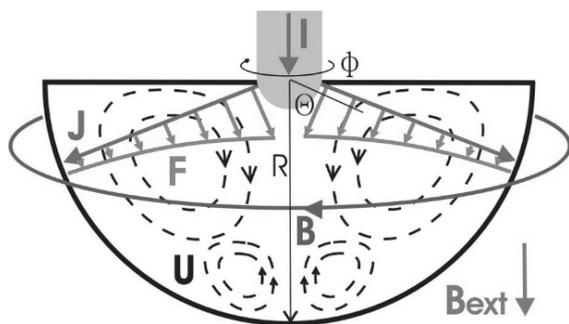


Рис. 1. Схема зарождения электровихревого течения и вторичного вихря

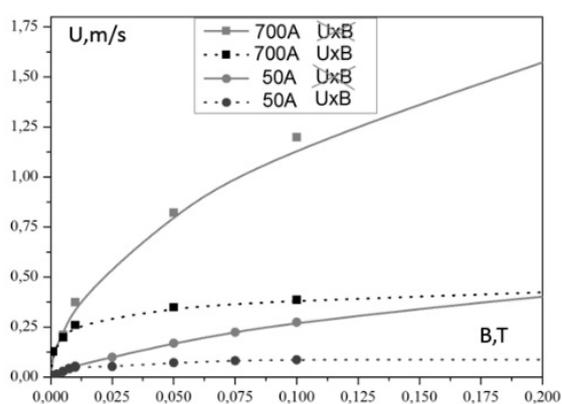


Рис. 2. Зависимость скорости на оси от индукции внешнего магнитного поля

дальний вихрь, и скорость на оси рабочего участка растет, достигая значений нескольких сантиметров в секунду для рассматриваемых случаев. В то же время в результате взаимодействия тока с внешним магнитным полем в системе развивается азимутальная закрутка расплава, которая, в свою очередь, приводит к формированию в придонной области вторичного вихря, направленного встречно электровихревому, и скорость на оси рабочего участка падает. В результате в объеме имеет место сложное течение (рис. 1), состоящее из двух осесимметричных вихревых структур, вращающихся в противоположных направлениях в присутствии азимутальной закрутки – это вторичный вихрь низкой интенсивности, занимающий придонную область и электровихревое течение, сконцентрированное преимущественно у поверхности. Чем выше значение индук-

ции магнитного поля, тем раньше формируется вторичный вихрь (рис. 2). Это также зависит от величины пропускаемого электрического тока: чем ниже его значение, тем быстрее образуется вторичный вихрь при прочих равных условиях. Время образования вторичного вихря определяется по моменту его возникновения вне зависимости от местоположения. Однако координата зарождения по глубине контейнера зависит от величин внешнего магнитного поля и пропускаемого тока, которые задают толщину азимутально вращающегося слоя расплава. С уменьшением поля и увеличением тока координата зарождения вторичного вихря смещается ко дну объема.

Предварительные расчеты показывают, что учет индуцированного тока существенно влияет на величину скорости в определенных условиях.

### Список литературы

1. Vinogradov D. A., Teplyakov I. O., Ivochkin Yu. P., Klementyeva I. B. Influence of the external magnetic field on hydrodynamic structure of the electrovortex flow in hemispherical container // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2017. Vol. 899, № 082006.

**I. B. Klementyeva, I. O. Teplyakov, D. A. Vinogradov, Yu. P. Ivochkin**

*Joint Institute for High Temperatures RAS  
13 Bd. 2 Izhorskaya Str. Moscow, 125412, Russian Federation*

*ira.klementyeva@mail.ru*

**MODES OF ELECTROVORTEX FLOWS FORMING  
IN HEMISPHERICAL GEOMETRY**

Results of the study of the vortex flows forming under the action of electromotive body force in the hemispherical volume filled with liquid metal are presented in the paper. Experimental setup for the investigations of the processes is described here. Numerical simulation based on magnetohydrodynamical and electrodynamic models are discussed. Several modes of the electrovortex flows observed in the system are considered. Velocity dependences on the values of electric current and external magnetic field are also constructed.

*Keywords:* liquid metal, magnetic field, electric current, electromotive body force, vortex flow, electrovortex flow, magnetohydrodynamics, hydrodynamic structures.

*For citation:*

Klementyeva I. B., Teplyakov I. O., Vinogradov D. A., Ivochkin Yu. P. Modes of Electrovortex Flows Forming in Hemispherical Geometry. *Siberian Journal of Physics*, 2018, vol. 13, no. 2, p. 61–63. (In Russ.)

DOI 10.25205/2541-9447-2018-13-2-61-63