

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Гашкова Михаила Алексеевича**
«Динамика расплавленного металла в катодном пятне вакуумного дугового разряда»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.13 – Электрофизика, электрофизические установки.

Диссертационная работа Гашкова М.А. посвящена теоретическому исследованию процесса разрушения катода при горении вакуумного дугового разряда. Основное внимание сосредоточено на разработке гидродинамической модели распыления сгустка расплавленного металла, образующегося в катодном пятне. Речь идет об изучении весьма коротечного (десятки наносекунд) и достаточно мелкомасштабного (микрометры) динамического явления, представляющего собой отдельный акт модификации малого элемента поверхности катода. Множество непрерывно происходящих событий такого рода как раз и формируют общую картину эволюции поверхности катода. Тема диссертации актуальна для различных технических и технологических приложений, для совершенствования и разработки вакуумно-дуговых установок.

Структура диссертации традиционная. Работа состоит из введения, четырех глав и заключения. В конце диссертации приведен список цитируемой литературы. В начале автореферата обоснована актуальность темы исследования; обозначена степень его разработанности; сформулированы цели; отмечена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; перечислены методы исследования; приведены положения, выносимые на защиту; представлены данные по апробации работы и личному вкладу автора.

В первой обзорной главе проанализированы экспериментальные данные, позволяющие судить о физических характеристиках процесса горения вакуумной дуги; выполнен обзор экспериментов по изучению столкновения капель с твердой поверхностью. Отдельно, рассмотрены работы с описанием механизмов образования вторичных струй при столкновении капли с поверхностью; рассмотрены подходы к моделированию динамического поведения катодного пятна.

Во второй главе центральное место занимает принцип гидродинамического подобия. Автор обнаружил, что течение жидкого металла в катодных пятнах вакуумной дуги целесообразно соотнести с хорошо изученным гидродинамическим течением, возникающим при столкновении жидких капель с плоской поверхностью. Выяснилось, что эти явления гидродинамически подобны. На основании принципа подобия в работе предложен количественный критерий расплескивания жидкого металла. Установлена связь между наличием порога горения вакуумной дуги и пороговым характером формирования струй расплава.

В третьей главе развита аналитическая модель гидродинамических процессов в отдельной ячейке катодного пятна. Выполнена количественная оценка для таких характеристик явления как: пороговый ток; скорость течения расплава; время функционирования, дистанция, в пределах которой происходит радиальное расплескивание жидкого металла.

Четвертая глава посвящена исследованию вопроса формирования микроструй на финальной стадии выдавливания жидкого металла из ячейки катодного пятна. Показано, что формирование микроструй происходит в основном благодаря развитию неустойчивости Рэллея-Плато, преобладающей над неустойчивостью Рэллея-Тэйлора. Оба процесса стремятся разрушить осесимметричный жидкометаллический вал, образующийся в результате выдавливания жидкого металла из его ячейки, но неустойчивость Рэллея-Тэйлора демонстрирует существенно меньшие инкременты нарастания. Выяснилось, что наиболее неустойчивыми и, следовательно, ответственными за формирование микроструй являются моды с азимутальным числом близким к десяти.

В конце автореферата сформулированы основные результаты и выводы. Все результаты исследования являются новыми и актуальными. Содержание работы полностью отражено в солидном списке публикаций, выпущенных рецензируемыми научными изданиями одобренными ВАК.

В качестве замечания по автореферату можно отметить, что из текста не всегда понятно, какие именно значения физических величин, например, коэффициента поверхностного натяжения расплавленного металла, были использованы для выполнения оценочных расчетов. Этот недочет не уменьшает значимости результатов исследования. Общее впечатление от работы самое благоприятное.

Диссертационная работа «Динамика расплавленного металла в катодном пятне вакуумного дугового разряда» соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Гашков Михаил Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.13 – Электрофизика, электрофизические установки.

Белоножко Дмитрий Федорович,

д.ф.-м.н, доцент,

профессор Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова

Тел.+7 (906) 636-47-55; e-mail: belonozhko@mail.ru

Ярославский государственный

университет им. П.Г. Демидова

150003 г. Ярославль, ул. Советская, д. 14

 Д.Ф. Белоножко

Подпись профессора Д.Ф. Белоножко заверяет
заместитель начальника управления директор
центра кадровой политики



 Л.Н. Куфирина