

Учёному секретарю диссертационного
совета Д 212.079.02 В.А. Алтунину

ФГБОУ ВПО «Казанский
национальный исследовательский
технический университет им. А.Н.Туполева-
КАИ»

420111, г.Казань, ул. К.Маркса, д.10

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Тазмеева Гаяза Харисовича
«Механизм электрического разряда между потоком электролита и
металлическим электродом», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности: 01.02.05 – «Механика жидкости,
газа и плазмы»

Система «газоразрядная плазма – жидкий раствор» представляет значительный фундаментальный и прикладной интерес в различных областях современной науки и техники. Он обусловлен, как попытками разобраться в механизмах процессов, протекающих на границе таких систем, так и физико-химических свойствах газоразрядной плазмы. При этом перед исследователями стоит широкий круг задач в определении новых возможностей использования этих разрядов для решения целого ряда практических задач. Несмотря на широкий фронт экспериментальных исследований поведения газоразрядной плазмы, контактирующей с жидкими средами, они до сих пор носят достаточно фрагментарный характер и многие вопросы в физико-химии и механике таких разрядов остаются до сих пор неисследованными.

В этой связи представленная диссертационная работа Тазмеева Г.Х., посвященная исследованию механизмов электрического разряда в воздухе между потоком электролита и металлическим электродом, является, безусловно, актуальной. Научная новизна, методы исследования в диссертационной работе, практические результаты и защищаемые положения полностью соответствуют специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. **Во введении** обоснована актуальность работы. В первой главе изложен литературный обзор, охватывающий современные исследования систем «газоразрядная плазма - жидкость» и их практического применения. Сделан вывод, что механизмы переноса в зоне контакта плазмы с жидкостью при токах в диапазоне 1-60 мА отводится к двум процессам: термическому испарению и распылению электрода-жидкости под воздействием высокоэнергичных частиц, идущих из разрядной области. При этом подчеркивается, что процессы являются быстротечными и происходят главным образом в тонком поверхностном слое жидкости-электрода. Отмечается, что процессы переноса

Образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ»
(ИНТИУ-КАИ)
Вх. № 11 а 4838/11

зарядов и вещества на границе «плазма – жидкий электрод» в сильноточных режимах горения разряда мало изучены. Не исследованы явления переноса при сильных возмущениях поверхностного слоя жидкости-электрода. Слабо изучены колебательные явления, возникающие в электрическом разряде с жидкими электродами. Отсутствуют физически обоснованные представления об электрической проводимости плазмы, формируемой из жидкофазного вещества. В связи с этим сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе приводится подробное описание разработанной экспериментальной установки для исследования электрического разряда между потоком электролита и металлическим электродом в диапазоне токов от 0.1 до 25 А и межэлектродного расстояния от 1 до 20 см, а также электрического разряда между металлическими электродами в воздухе в диапазоне токов от 1 до 20 А и межэлектродного расстояния от 1 до 7 см в варианте частичного погружении металлического катода в водный поток. Описаны методики проведения экспериментов по исследованию тепловых, электрических, спектральных и эрозионных характеристик электрических разрядов между жидкими и металлическими электродами в воздухе.

В третьей главе приводятся результаты исследования электрического разряда между потоком электролита и металлическим электродом при критических тепловых нагрузках на жидкий электролитный катод. Получены эмпирические формулы, позволяющие рассчитать минимально допустимый поток электролита через зону привязки разряда к катоду.

Выявлены теоретические предпосылки для проведения экспериментов, позволяющих исследовать изменение ионного состава воднорастворного электрода под воздействием электрического разряда.

В экспериментах установлены следующие факты: 1) удельная электрическая проводимость водного раствора практически не меняется при молярных концентрациях 0.1-0.3 моль/л; 2) водородный показатель рН водного раствора неуклонно растет. Результаты экспериментов анализированы, исходя из предположений, что убыль водного раствора происходит мелкими капельками за счет катодного распыления (первичные взрывы), и мелкие капельки в разрядной области быстро переходят в газообразное состояние (вторичные взрывы). Основные выводы из анализа результатов: 1) ионы переносятся из водного раствора в плазму в составе капелек; 2) ионы натрия Na^+ возвращаются обратно в раствор и при этом их количество в растворе не меняется; 3) ионы хлора Cl^- удаляются из водного раствора безвозвратно; 4) в водном растворе образуются гидроксил ионы OH^- в количестве, равном количеству удаленных ионов хлора Cl^- . Появление вторичных взрывов зафиксированы при высокоскоростной съемке электрического разряда. Также зафиксировано, что зона привязки разряда к водному раствору является неоднородной, и состоит из множества непрерывно движущихся ярких опорных пятен, которые существуют в течение сравнительно короткого промежутка времени (~ 10 мс). В опорных пятнах расчетные значения плотности тока получились в пределах 50-100А/см², что практически на два порядка величины больше, чем в слаботочных режимах горения. В осциллограммах тока

зарегистрированы высокочастотные пульсации. На опытах показано, что причиной появления таких пульсаций является поступление вещества из водного раствора в разрядную область. Исходя из этого, сделан вывод о том, что высокочастотные пульсации тока возникают из-за вторичных взрывов.

Выполнены расчеты отдельных компонент ионного тока и установлены закономерности их формирования.

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных исследований электрического разряда с металлическим катодом, находящимся в потоке электролита. Представлены мгновенные фотографии разряда, распределения плавающего потенциала, из которого сделан вывод, что разряд горит в дуговом режиме. Кроме того, представлены спектры излучения, определены концентрация и температура электронов в разряде.

В заключении представлены основные выводы по работе.

Несмотря на достаточно грамотное выполнение исследования по тематике диссертационной работы, автору не удалось избежать некоторых недостатков. В связи с этим возникли следующие **замечания**:

1. В описании экспериментальной установки представлен узел, позволяющий проводить зондовые измерения, а в главе четыре представлены зондовые измерения плавающего потенциала в разряде. Однако остались открытыми следующие вопросы, связанные с применением зондовой диагностики в таких достаточно жестких условиях горения разряда:

- а) Какова была длительность пребывания зонда в плазме?
- б) Проводились ли операции по исключению искажений результатов измерений вносимых окисными пленками, в частности очистка и тп.?
- в) Какие возмущения вносил зонд, а также держатель зонда (кварцевая капиллярная трубка) в разряд?
- г) Не возникали ли ситуации, при которых разряд перекидывался на зонд (то есть зонд был вторым анодом)?

2. В четвертой главе представлены спектральные результаты, однако ничего не сказано о методике обработки спектров. Учитывалось ли влияние аппаратной функции на интерпретацию результатов?

3. В качестве третьего замечания, хотелось бы отметить не совсем удачное, на мой взгляд, название диссертационной работы. Поскольку на границе «газоразрядная плазма - жидкий электрод» происходит огромное количество физических явлений, то существующее название накладывает неверное первоначальное восприятие. Кажется, что круг вопросов, рассмотренных в работе, ограничен. А это не так.

Хотелось бы подчеркнуть, что диссертация оформлена аккуратно, обращает внимание практически отсутствие грамматических ошибок и опечаток.

В целом, диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Указанные замечания не снижают научной значимости выполненной работы. Она обладает новизной и представляет как фундаментальную, так и практическую ценность в исследованиях в области механики жидкости, газа и плазмы.

Стоит отметить, что диссертационная работа достаточно полно отражена в публикациях и прошла широкую апробацию на конференциях. Автореферат полностью отражает основные положения, результаты и выводы диссертации.

По степени актуальности, научной новизне и практической ценности, работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям и является законченным научным исследованием, а ее автор, Тазмеев Гаяз Харисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Старший научный сотрудник
кафедры Оптики СПбГУ,
кандидат физ.-мат. наук

Сайфутдинов
Алмаз
Ильгизович

420008, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, г. Петергоф, ул. Ульяновская, 3
Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра Оптики.

as.uav@bk.ru

+7-911-118-97-44

ЛИЧНУЮ ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ №3

Н. И. МАШТЕРА

12.07.2018



СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертационной работе Тазмеева Гаяза Харисовича

«Механизм электрического разряда между потоком электролита и металлическим электродом» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям
01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы»

Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, ученое звание	Сведения о работе	
		Полное наименование организации, почтовый адрес (индекс, город, улица, дом), телефон, адрес электронной почты	Должность с указанием структурного подразделения
2	3	4	5
Сайфутдинов Алмаз Ильгизович	к.ф.-м.н.	Санкт-Петербургский государственный университет Адрес: 199034, Санкт- Петербург, ул. Университетская наб, 7, телефон: (812) 328-20-00 Адрес электронной почты: spbu@spbu.ru	Старший научный сотрудник, кафедра оптики

Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (но не более 15 публикаций)
1) A. A. Kudryavtsev A. I. Saifutdinov, M. S. Stefanova, P. M. Pramatarov, and S. S. Sysoev Measurement of plasma parameters in He microdischarge by means of additional sensor electrode // Physics of Plasmas 24, 054507 (2017).
2) С.А. Фадеев, А.И. Сайфутдинов, Управление параметрами тлеющего разряда низкого давления в аргоне с помощью акустических течений // Физика плазмы, 2017, Vol. 43, No. 11, pp. 919–928.
3) Chengxun Yuan, A. A. Kudryavtsev, A. I. Saifutdinov, S. S. Sysoev, Ruihuan Tian, Jingfeng Yao, Zhongxiang Zhou. Probe Diagnostics of Plasma Parameters in a Large-Volume Glow Discharge With Coaxial Gridded Hollow Electrodes // IEEE Transactions on Plasma Science PP(99):1-4
4) А.И. Сайфутдинов, И.И.Файрушин, Н.Ф. Кашапов. Исследование различных сценариев поведения вольт-амперных характеристик микроразрядов постоянного тока атмосферного давления // Письма в ЖЭТФ, 2016. – Vol 104, - № 3, С.178-183.
5) A. Saifutdinov, S. Fadeev and I. Fayrushin Some numerical simulation results of the dynamic temperature distribution in dc plasma torch «Thermoplasma 50-01» // Journal of Physics: Conf. Series 927 (2017) 012047

6) А.И. Сайфутдинов, С.А. Фадеев, А.А. Сайфутдинова, Н.Ф. Кашапов. Влияние акустических течений на структуру контрагированного тлеющего разряда в аргоне // Письма в ЖЭТФ, 2015, Т.102, №10, С. 726-731.
7) E. A. Bogdanov , V. Demidov, A. A. Kudryavtsev , A. I. Saifutdinov. Is the negative glow plasma of a DC glow discharge negatively charged? // Physics of Plasmas, 2015. — Vol. 22, — № 2. — P. 024501 (1-4)
8) Chen Z., Xia G., Zou C., Li P., Hu Y., Ye Q., Eliseev S., Stepanova O., Saifutdinov A.I., Kudryavtsev A.A., Liu M. Study on hairpin-shaped argon plasma jets resonantly excited by microwave pulses at atmospheric pressure // Journal of Applied Physics, 2015. — Vol. 118, — № 2. — P. 023307.
9) Bogdanov, E.A., Kudryavtsev, A.A., Saifutdinov, A.I. Comment on 'A review on ion-ion plasmas created in weakly magnetized electronegative plasmas' // Plasma Sources Science and Technology, 2015. — Vol. 24, — № 3. — P. (038001) 1-2
10) S.S Sysoev, A.I Saifutdinov, A.A. Kudryavtsev, S.I. Eleseev, V.S. Bekasov. Experimental investigation of short glow discharge in Helium for gas analyzers based on PLES methods. // High Temperature Materials and Processes, 2015.
11) Сайфутдинов А.И., Капустин К.Д., Кудрявцев А.А. Обоснование возможности измерения функции распределения по энергии нелокальных пеннинговских электронов по току на стеночный электрод в плазме послесвечения // Письма в ЖТФ , 2014. — Т. 40, — № 21. — С. 29-37.
12) Xia G., Chen Z., Saifutdinov A.I., Eliseev S., Hu Y., Kudryavtsev A.A. Longer Microwave Plasma Jet With Different Discharge Performances Originated by Plasma-Surface Interactions // IEEE Transactions on Plasma Science, 2014. — Vol. 42, — № 10. — P. 2768-2769.

Сведения подтверждаю:

А.И. Сайфутдинов

(подпись, печать)

