

## ОТЗЫВ

официального оппонента Коробейникова Сергея Мироновича  
на диссертационную работу Панова Владислава Александровича  
«Экспериментальные исследования электрического пробоя в газожидкостных средах»  
на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.08 — «Физика плазмы»

### **Актуальность диссертационной работы**

Диссертационная работа Панова Владислава Александровича посвящена исследованию электрического пробоя в неоднородных средах, в частности газожидкостных системах и влажных модельных грунтах экспериментальными методами электрической и оптической регистрации. Необходимость таких исследований продиктована задачами электроэнергетики и электротехнологии, в частности возможности импульсной обработки различных сред, включая жидкие электропроводные отходы. С этой позиции актуальность работы соискателя не вызывает сомнений, тем более, что для анализа используются современные методы оптической и электрической регистрации, позволяющие получать новую информацию о процессах в жидкостях, пузырьках и дисперсных средах.

### **Соответствие работы избранной специальности**

Научные исследования, приведенные в диссертации и автореферате, соответствуют специальности 01.04.08 — «Физика плазмы».

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Решение поставленных задач потребовало от диссертанта всестороннего углубленного анализа по вопросу изучения электрофизических процессов в газожидкостных средах, основ электрической и оптической регистрации, применения современных статистических методов. Автором изучены и критически проанализированы достижения других авторов. Научные положения обоснованы как теоретически, так и экспериментально.

### **Достоверность и новизна полученных результатов**

**Достоверность** теоретических результатов работы подтверждается теоретическими выводами и опытными данными, представленными как в данной работе, так и в работах других авторов, посвященных исследованиям электрического пробоя в дисперсных средах. Положения теории основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современного поверенного оборудования. В научных выводах и применяемых методах обработки достигнута достаточная точность расчетов.

**Научная новизна диссертационной работы состоит в:**

- установлении среднего значения скорости развития разряда в проводящей среде 5 м/с.

- выявлении особенностей механизма теплового разряда в проводящей воде при разряде с острейного анода, состоящего из нагрева жидкости у острия токами проводимости, взрывного вскипания; ионизации пара внутри пузырьков, достигших критического размера; протекания тока в них, развития тепловой неустойчивости и образования термически ионизованной плазмы, образование в плазменной области основного канала и его прорастания к катоду;

- экспериментальном обнаружении смены медленного теплового механизма на стримерно-лидерный механизм при снижении проводимости воды;

- определяющей роли микропузырьков в переходе от медленного к быстрому режимам пробоя в слабопроводящей воде;

- утверждении, что развитие разряда во влажном песке, как и в проводящей воде, связано с развитием тепловой неустойчивости вблизи высоковольтного электрода, которая приводит к контракции тока и формированию плазменного канала.

#### **Практическая ценность полученных результатов.**

Выявление механизма зажигания разряда в проводящей и слабопроводящей средах имеет практическое значение при разработке разнообразных высоковольтных устройств, в частности устройств плазменной обработки жидких отходов.

#### **Структура и содержание работы.**

Диссертационная работа Панова В.А. «Экспериментальные исследования электрического пробоя в газожидкостных средах» состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка использованных источников и 3 приложений. Работа изложена на 139 страницах стандартного формата, содержит 79 рисунков, 7 таблиц и 131 наименование использованных источников.

Во введении сформулированы задачи, решаемые в диссертационной работе, обоснована их актуальность, новизна и практическая значимость.

В первой главе представлен аналитический обзор работ, в котором показано, что разряд в проводящих жидкостях является наиболее слабо исследованным. Обзор написан на высоком уровне.

Во второй главе рассмотрены схемы экспериментальных установок и описания ячеек.

В третьей главе описаны оптические и электрические исследования электрического пробоя различных сред, включая воду с разной проводимостью, трансформаторное масло,

воду с пузырьками, модельный грунт. Измерены времена пробоя, скорости разрядных процессов.

В четвертой главе анализируются полученные данные и показано, что они хорошо согласуются с предложенной тепловой моделью зажигания и распространения разряда в проводящих жидкостях.

### Замечания по диссертации

1. В первой главе работы проведен очень качественный обзор ранее выполненных работ, в то же время, на основе анализа не сформулированы задачи исследования.
2. Использованная система электродов «острие-штырь» отличается от традиционных «острие-плоскость», «острие-острие», «плоскость –плоскость». Никак не обоснован выбор такой системы.
3. Что означает в подписи к рис.2.5. (сделать приличное фото...)?
4. Очень хорошо описана экспериментальная установка. Но нигде не приведено, почему именно такие параметры установки были выбраны.
5. Почему исследовался разряд только с анода? Нет никаких объяснений.
6. Не показано, насколько воспроизводимы динамические ВАХ, в особенности с падающими ветвями.
7. Какой механизм возникновения неустойчивостей сферической области?
8. Смысл динамических ВАХ и сопротивлений?
9. В экспериментах с добавкой изопропилового спирта менялась не только поверхностное натяжение (1.5-2 раз), но и теплота парообразования (до 4 раз). Это не учитывалось при рассмотрении
10. На рис. 3.20-3.23 не указана полярность острейного электрода.
11. Зачем косвенным способом определять качественно растворимость элегаза в масле, т.к. для этого случая есть прямые справочные данные?
12. Неправильное использование термина «газосодержание». Обычно это содержание **растворенного** газа, тогда как в работе это объем **нерастворенных** пузырьков.
13. П. 3.3.1 не имеет отношения к теме работы.
14. П. 4.1.3. Проводимость плазмы в пузырьках, согласно оценке, на три порядка выше проводимости воды. Значит энерговыделение, при последовательном соединении пузырька и жидкости должно быть в жидкости, а не в ионизованном пузырьке!

Приведенные замечания не снижают ценность диссертационной работы, высокий уровень экспериментальных и теоретических исследований позволяет сделать вывод о значительной научной ценности проведенных исследований.



## Рекомендации по использованию

Результаты и выводы диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию в электроэнергетике и в электротехнологиях при плазменной обработке различных сред с высокой проводимостью. В частности, результаты могут быть использованы на предприятиях химической промышленности и ЖКХ для обработки жидких стоков.

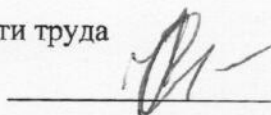
## Заключение

В целом работа выполнена на хорошем научном уровне, свидетельствующем о высокой квалификации автора. Полученные в диссертации результаты хорошо обоснованы и прошли апробацию. На их основе опубликовано 10 статей в изданиях, рекомендованных ВАК. Работа соответствует паспорту специальности 01.04.08 -Физика плазмы. Автореферат соответствует содержанию диссертации. ..

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Панов Владислав Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – «Физика плазмы».

Заведующий кафедрой безопасности труда

д.ф.-м.н., профессор



С.М. Коробейников

Коробейников Сергей Миронович почтовый адрес: г. Новосибирск, 630073, пр-т К. Маркса, 20, корпус 2, телефон: +7-(383)-346-43-11, адрес электронной почты: [korobeynikov@corp.nstu.ru](mailto:korobeynikov@corp.nstu.ru), наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Новосибирский государственный технический университет, должность – заведующий кафедрой безопасности труда, факультет энергетики, доктор физико-математических наук, профессор.



С.М. Коробейников

С.М. Коробейников