

# МЕХАНИЗМ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ДИАФРАГМЕННЫХ КОНЦЕНТРАТОРАХ ТОКА

В.С. Тесленко, Р.Н. Медведев, А.П. Дрожжин, Г.Н. Санкин

Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН  
Россия, 630090 Новосибирск, просп. Ак. Лаврентьева, 15  
E-mail: [v\\_s\\_teslenko@hydro.nsc.ru](mailto:v_s_teslenko@hydro.nsc.ru)

Экспериментально исследована динамика развития автоколебательных процессов разряда в электролитах на концентраторах тока в виде отверстий в диэлектрических пластинах и металлических электродах с плоским круглым сечением.

**Постановка экспериментов.** Принципиальная схема постановки экспериментов описана в работе [1]. Электрическая схема состояла из заряжаемого до необходимого напряжения  $U$  конденсатора  $C=2-100\text{мкФ}$ , механического коммутатора и шунта, к которому подключался цифровой осциллограф TDS 210 с последующей записью сигналов на персональный компьютер. В экспериментах осуществлялась теньевая киносъемка с использованием цифровой камеры SensiCam. Эксперименты проводились для трех вариантов установки электродов: 1) для концентраторов тока в виде отверстий в лавсановой и тефлоновой пленке с двумя удаленными ( $l_1, l_2 > 30d$ ) металлическими электродами площадью  $S > 100d^2$  ( $d$  – диаметр концентратора); 2) для концентратора тока в виде плоского металлического электрода, прижатого к диафрагме ( $l_1=0, l_2=20\text{ мм}$ ); 3) для металлических концентраторов тока в виде нормальных срезов проволоки с диэлектрическим покрытием боковой поверхности и с удаленным противоположным плоским электродом ( $S > 100d^2$ ) на расстояние  $l_2 > 30d$ .  $l_1, l_2$  – расстояние от металлических электродов до диафрагмы.

**Результаты экспериментов.** На Рис. 1а представлена типичная осциллограмма тока ( $I$ ) и излучения света ( $L$ ), зарегистрированного ФЭУ-35, для автоколебательного процесса на плоском медном электроде  $d=0,35\text{ мм}$ ,  $U=300\text{ В}$ .

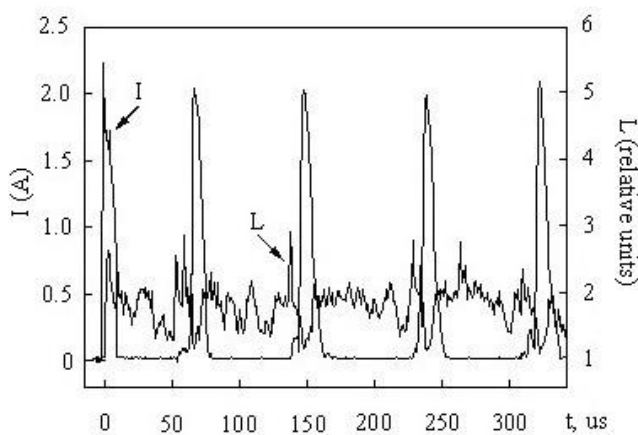


Рис. 1а

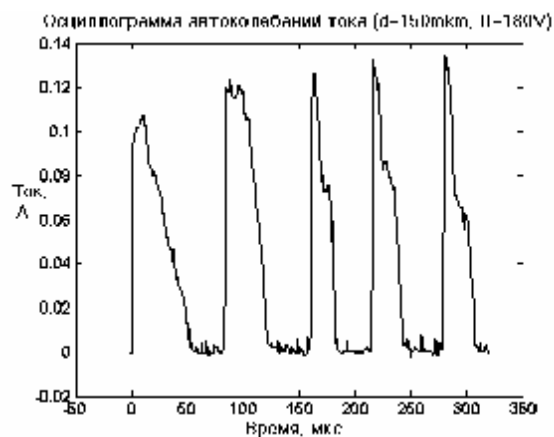


Рис.1б

На Рис. 1b представлена осциллограмма тока ( $I$ ) при автоколебательном процессе на диафрагме  $d=0,15$  мм,  $U = 180$  В.

На Рис. 2 а, 2b ( а – вид сбоку, b – вид по нормали к отверстию) представлены отдельные кадры теневой съемки динамики электрогидродинамических процессов, происходящих в 5% растворе NaCl на концентраторе тока в виде отверстия ( $d=0,6$  мм,  $U = 500$  В,  $l_1=l_2=20$  мм) в лавсановой пленке толщиной 50 мкм в интервале первого цикла расширения и коллапса пузырька ( $T_1=260$  мкс) [2]. На Рис. 2 с представлен фотокадр интегрального свечения этого же автоциклического процесса ( $d=0,6$  мм,  $U = 500$  В).

На рис. 2d представлен кадр срыва автоциклических процессов «сверху», т.е. при увеличении напряжения на электродах до  $U_u = 700$  Вольт. В этом случае развивается непрерывно плазмообразующий токовый канал между жидкими электродами непосредственно в первоначальном пузырьке. При этом регистрируется только один импульс тока.

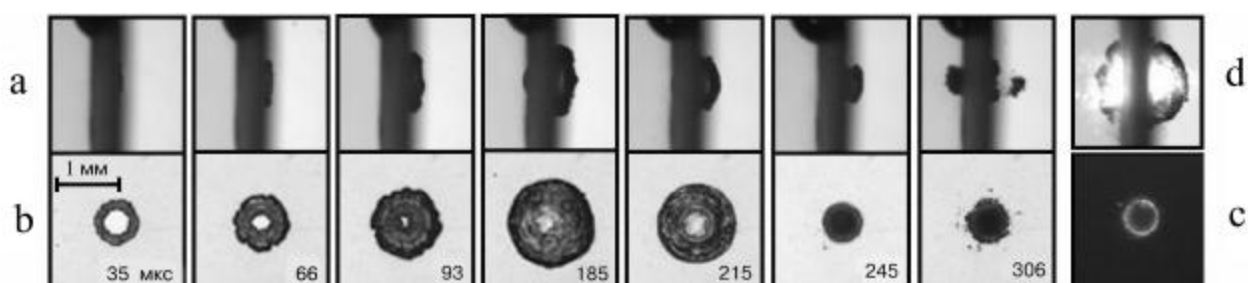


Рис. 2

Из результатов фотосъемки и осциллографических измерений тока и свечения следует, что токовый нагрев жидкости с пробоем начинается на границе отверстия диэлектрической пластины. На границе диэлектрика и электролита происходит нагрев электролита с образованием светящейся плазмы (Рис. 1,2). В результате возникшего нагрева-пробоя электролита по периметру отверстия образуется пузырек в виде тора, с последующим его расширением к форме близкой к эллипсоиду. В процессе расширения пузырек перекрывает токовый канал, ток обрывается. В этой стадии пузырек выполняет функцию прерывателя тока. Затем после достижения максимального размера ( $D \approx 2-3 d$ ) начинается стадия коллапса пузырька, при которой открывается токовый канал в виде «зазора» между пузырьком и границей диэлектрика, и вновь осуществляется разряд по периметру отверстия. Эта начальная стадия коллапса пузырька соответствует процессу коммутации в кольцевом токовом канале. В момент образования кольцевого зазора на границе диэлектрика происходит разряд с образованием последующего пузырька-тора, который при своем образовании и расширении отделен жидкостью от предыдущего пузырька. В этот полупериод предыдущий пузырек захлопывается к оси отверстия, с дополнительным ускорением за счет осесимметричного потока жидкости от последующего пузырька. Противофазная динамика предыдущего

и последующего пузырьков обеспечивает отсутствие процессов слияния этих пузырьков и последующее «выталкивание» остатков предыдущего пузырька вдоль оси в виде облака мелких пузырьков.

Динамика автоциклических процессов, происходящих и на границе металлических электродов с плоским круглым сечением (постановка 2, 3), аналогична процессам при диафрагменном разряде. Однако особо отметим, что на металлическом электроде (Рис. 1) скважность импульсов тока больше, чем при разряде на диафрагме с удаленными металлическими электродами ( $l_1=l_2=17$  мм.). Это указывает на различие физических процессов в начальной стадии нагрева-пробоя. Можно предполагать, что металлическая граница является донором свободных электронов при развитии пробоя.



Рис. 3

На Рис. 3 представлена область существования автоколебательных процессов для отверстий диафрагм с диаметрами:  $d=50, 100, 150, 200, 500, 1000$  мкм, (для  $l_1=l_2=17$  мм.). Нижний график - минимальные значения пороговых напряжений, при которых возникают колебания тока. Верхний график - максимальные значения, при которых колебания становятся неустойчивыми или пропадают совсем. Пороговым критерием возникновения колебаний считалось наличие хотя бы одного прерывания тока за все время разряда конденсатора. Область устойчивых автоколебаний расположена между этими двумя графиками. В этой области разброс периода колебаний тока не превышает 10%.

На рис. 4 представлены зависимости усредненных периодов (минимум по 10 импульсам) колебаний от начального напряжения на конденсаторе. Вблизи нижней границы период колебаний существенно больше, чем в остальной области существования колебаний тока. При напряжениях, превышающих 150 В, средний период слабо зависит от напряжения и увеличивается в пределах 20%, что соответствует результатам работы [1].

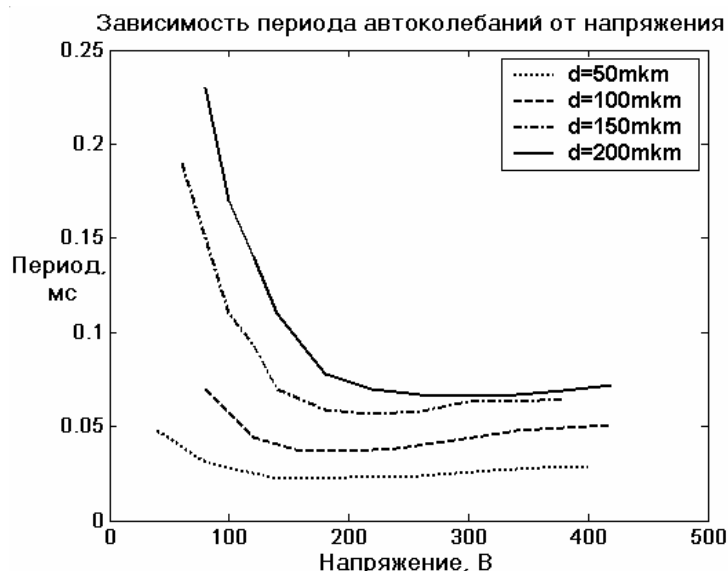


Рис. 4

**Основные результаты.** Из данных экспериментов следует, что основной причиной развития автоциклического процесса с автоколебаниями тока является кольцевой нагрев-пробой электролита на границе диэлектрика.

Важной особенностью данного электрогидродинамического процесса является то, что каждый последующий пузырек не сливается с предыдущим. По данным результатам можно сделать заключение, что кольцевой пробой развивается по периметру концентраторов тока вблизи «нижней» границы области существования автоколебательных процессов. Увеличение напряжения до «верхней» области существования циклического процесса приводит к плазмообразующему токовому пробоем внутри пузыря, при этом нарушается автоколебательный процесс.

Рассмотренный эффект стабильной цикличности пробоев на рассмотренных концентраторах тока может быть применен при моделировании динамики кооперативных процессов в гетерогенных и биологических системах, для генерации циклических акустических и ударных волн в конденсированных средах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты: № 05-08-18145, № 06-02-17453.

#### Литература:

1. Тесленко В.С., Дрожжин А.П., Карташов А.М. Генерация автоколебательных процессов при диафрагменном разряде в электролите. Письма в ЖТФ, т. 27, № 20, 2001, с.83-88, <http://www.swsl.newmail.ru/publ/TeslenkoDK-TPL-2001-rus.pdf>
2. Тесленко В.С., Дрожжин А.П., Санкин Г.Н. Автоциклический кольцевой пробой в электролите с вынужденным коллапсом пузырьков. Письма в ЖТФ, 2006, т. 32, в. 4, с 24-30. <http://www.ioffe.ru/journals/pjtf/2006/04/p24-31.pdf>