

Как показывают графики на рис. 2, 3 и данные, приведенные в табл. 1, 4, при фиксированных значениях упругих параметров c_1 , c_2 и параметров сдвига a_1, a_2 соответственно, критическая нагрузка в случае 2 превосходит по значению ту, что имеет место в случае 1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирхгоф Г. Механика. Лекции по математической физике. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
2. Тимошенко С. П. Теория упругости. М.: ОНТИ, 1934.
3. Михеев А. В. Влияние сдвига на локальную устойчивость пологих ортотропных оболочек на упругом основании // Вестн. Санкт-Петерб. ун-та. Сер. 1: Математика. Механика. Астрономия. 2007. № 3. С. 137–143.
4. Товстик П. Е. Устойчивость тонких оболочек. М.: Наука, 1995.
5. Товстик П. Е. Локальная устойчивость пластин и пологих оболочек на упругом основании // Изв. РАН. 2005. Вып. 1. С. 147–160.
6. Агаловян Л. А., Гулغازян Л. Г. Асимптотические решения неклассических краевых задач о собственных колебаниях ортотропных оболочек // Прикладная математика и механика. 2006. Т. 70, вып. 1. С. 111–125.

A. V. Mikheev

LOCAL STABILITY OF PSEUDOSPHERICAL ORTHOTROPIC SHELLS ON ELASTIC BASE

The question of calculation of stability of pseudospherical orthotropic shells in Timoshenko and Kirchhoff – Love models is considered. The dependence of critical load parameter on shear coefficient and elastic characteristics of shell and base is obtained.

Pseudosphere, shells, calculation of stability

УДК 543.42;543.31

Д. К. Кострин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ СОСТАВА ВОДЫ ОПТИЧЕСКИМ СПЕКТРОМЕТРОМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗРЯДА В ЖИДКОСТИ

Рассмотрены конструкции ячеек, используемых для анализа состава воды по спектрам излучения разряда в жидкости. Определены оптимальные характеристики импульсного напряжения, дающие наилучшую чувствительность метода. Приведены основные недостатки систем экспресс-контроля состава воды на основе разряда в жидкости.

Оптический спектрометр, экспресс-контроль, состав воды, разряд в жидкости

В настоящее время наиболее распространенными являются химические и электрохимические методы анализа состава воды. Однако они достаточно дорогостоящие и требуют много времени для проведения анализа. Поэтому имеется большой интерес к разработке методов спектрального анализа химического состава воды, основанных на фотометрической регистрации эмиссионных спектров, образуемых различными веществами при нагревании их в канале электрического разряда. Такой метод мог бы обеспечить простой и надежный способ контроля состава водных растворов, приспособленный для применения в малогабаритных портативных системах.

Существует несколько подходов к созданию систем, обеспечивающих возникновение разряда в жидкости для возбуждения эмиссионных спектров содержащихся в ней ионов металлов [1]. Наилучшие условия для возникновения разряда имеют место в неоднородном поле с большим электрическим градиентом. При маломощном источнике возбуждения следует ожидать медленного развития разряда с прохождением промежуточной стадии образования газовых пузырьков и зажигания разряда внутри парогазовой смеси.

Увеличение мощности, выделяемой в канале разряда, приводит к увеличению яркости его свечения, но может сопровождаться появлением ударных волн и нестабильностью физического состояния канала разряда.

Наиболее перспективными для использования в приборах экспресс-контроля состава воды являются относительно простые, но при этом достаточно эффективные система разряда в канале в жидкости (рис. 1) и система «электрод–поверхность жидкости» (рис. 2).

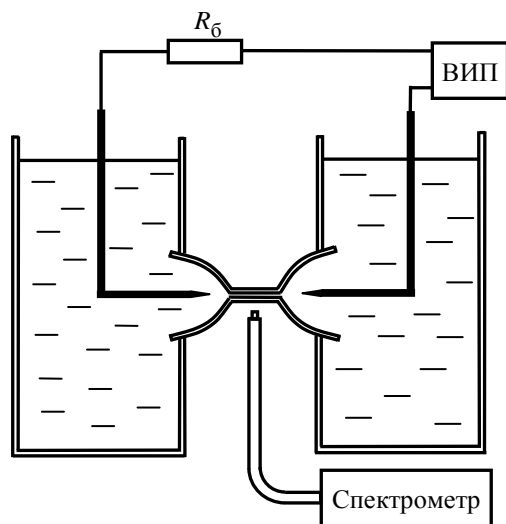


Рис. 1

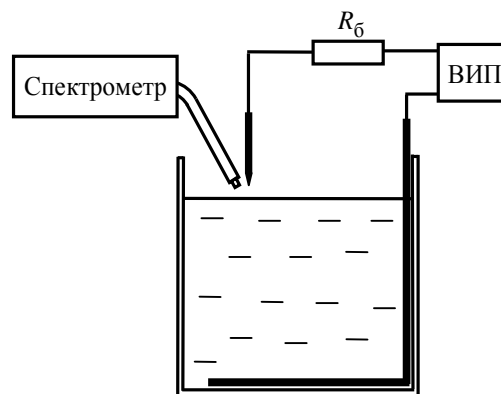


Рис. 2

Система, приведенная на рис. 1, построена из двух емкостей, соединенных утонченной в середине до толщины порядка 0.3 мм трубкой из кварцевого стекла. С обеих сторон к трубке подведены заостренные электроды из молибденовой проволоки. Возникновение разряда осуществляется подачей на электроды с помощью высоковольтного источника питания (ВИП) импульсного напряжения прямоугольной или синусоидальной формы через балластное сопротивление, служащее для стабилизации тока разряда. Возникающее в результате разряда свечение плазмы регистрируется оптическим спектрометром через стенку трубки. Данная система имеет относительно высокую чувствительность при определении щелочных и других элементов за счет высокой неоднородности электрического поля в узком канале [2], [3]. Однако наличие достаточно тонкого канала является и главным недостатком данной конструкции. Канал подвергается существенному перегреву в результате разряда (рис. 3) и достаточно быстро разрушается. К тому же разряд даже в относительно чистой воде приводит к сильному загрязнению внутренних стенок трубки, что резко снижает интенсивность излучения, воспринимаемого спектрометром.

Другая возможная конструкция разрядной ячейки приведена на рис. 2. В данном случае разряд возникает не в жидкости, а в ее парах над поверхностью [4]. Один электрод представляет собой заостренный стержень из вольфрама, а другой медную пластину, помещенную на дно емкости. Данная система проще и лишена недостатков предыдущей, однако ее чувствительность существенно ниже.

В обеих системах возможно применение различных типов ВИП. Было рассмотрено применение разных источников с частотой генерации прямоугольных и синусоидальных импульсов от сотен герц до десятков килогерц. Оптимальные характеристики разряда в описанных системах получались при амплитуде напряжения около 15 кВ и частоте сигнала 20...40 кГц.

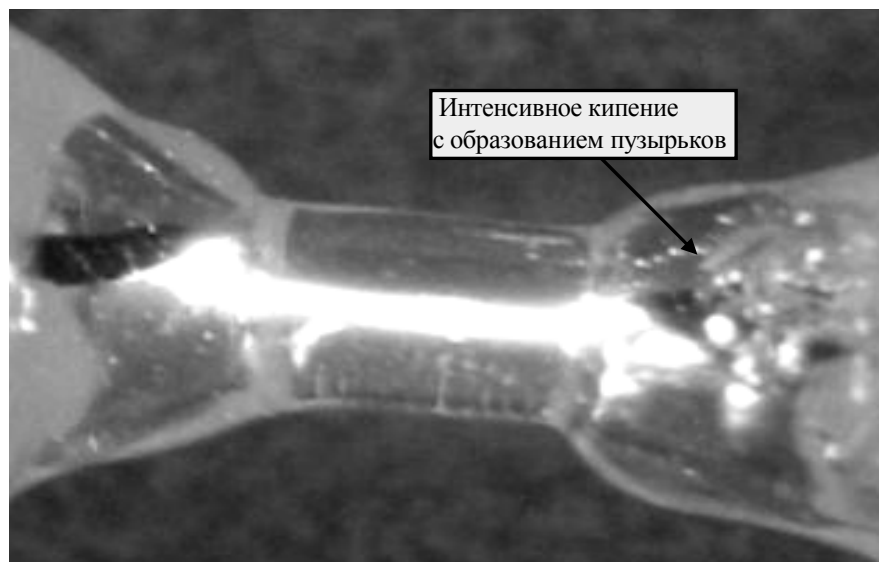


Рис. 3

Достаточно эффективным для проведения экспериментов оказался высоковольтный источник синусоидального сигнала с возможностью широкой регулировки выходного напряжения и частоты генерации. На рис. 4 приведены осциллограммы напряжений и токов при использовании такого источника для возбуждения разряда в системе «электрод–поверхность жидкости».

В данном случае оптимальным напряжением разряда с точки зрения регистрируемой спектральной информации оказалось 16...17 кВ при расстоянии между электродом и поверхностью жидкости порядка 1 см. В первом случае (рис. 4, а) частота синусоидального сигнала составляет 35 кГц и разряд зажигается попеременно в обоих направлениях, реализуется квазинепрерывный режим горения разряда. Во втором случае (рис. 4, б) при частоте в 45 кГц разряд зажигается только в одном направлении, что приводит к значительному уменьшению интенсивности излучения и, как следствие, ухудшению чувствительности. На частотах ниже 20 и выше 50 кГц разряд не возникает вовсе. При увеличении расстояния электрод–поверхность разряд становится менее стабильным и начинает перемещаться по поверхности жидкости.

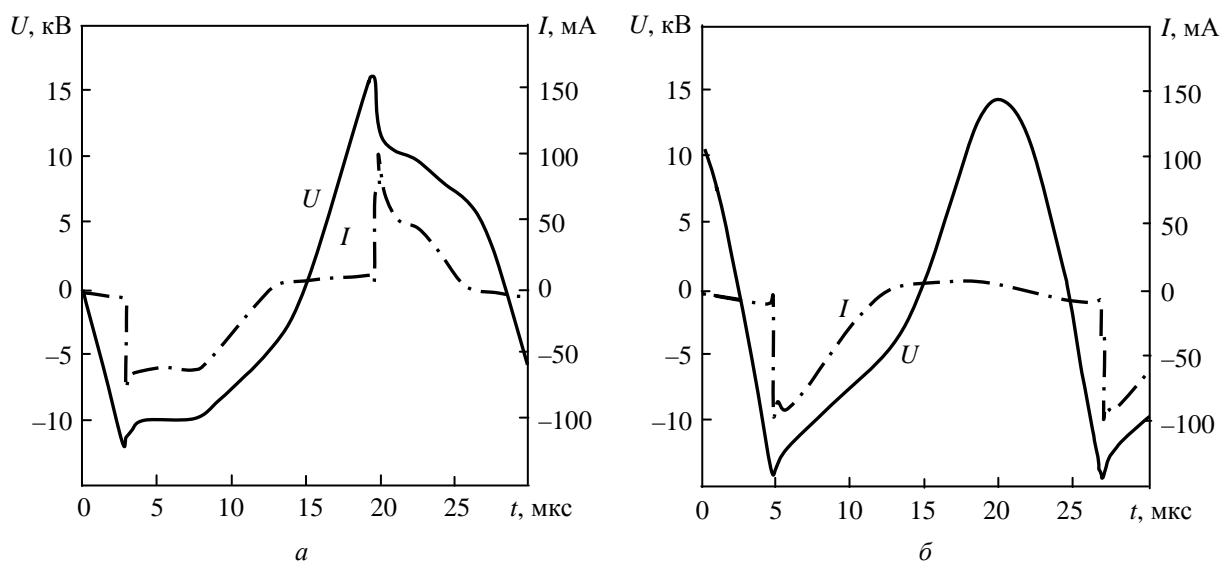


Рис. 4

Для обеих рассмотренных схем спектры излучения имеют примерно одинаковый вид (рис. 5, где I – интенсивность излучения, λ – длина волны). Кроме достаточно заметных линий, соответствующих натрию и калию, в спектре присутствуют линии, относящиеся к самой воде – водороду и гидроксильным группам.

Для успешной идентификации линий элементов нужно высокое разрешение спектрометрического оборудования. Оно может быть достигнуто применением в оптической схеме дифракционной решетки с плотностью штриховки 600 штр./мм и более. Однако использование такой решетки приведет к увеличению размеров устройства или при неизменных размерах к уменьшению рассматриваемого диапазона длин волн. Таким образом, возможно либо рассмотрение всего диапазона 200...1000 нм с разрешением порядка 1.5 нм, что может оказаться недостаточным для распознавания всех линий излучения элементов при загрязнении воды большим числом различных заранее неизвестных химических соединений, либо можно использовать часть диапазона, но с большей разрешающей способностью для более точного анализа воды на конкретные химические элементы.

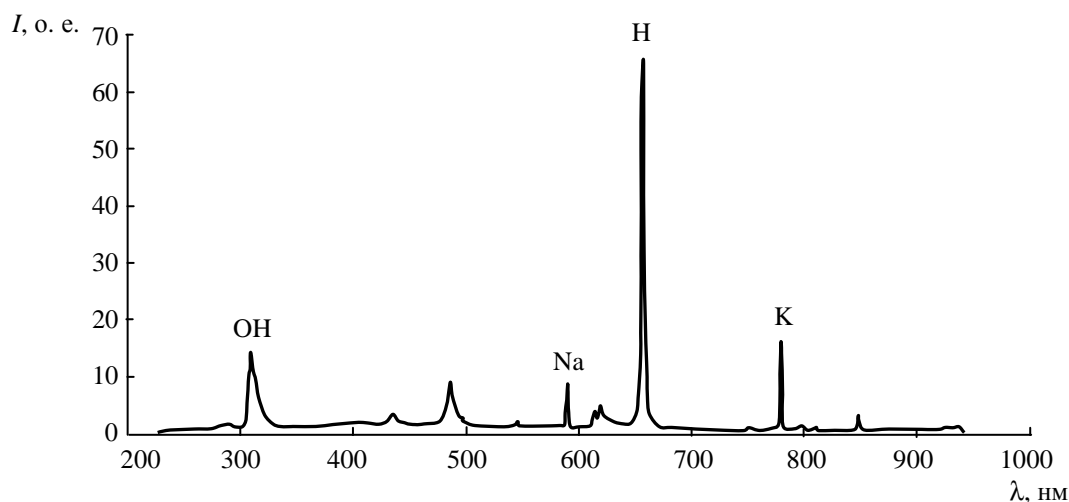


Рис. 5

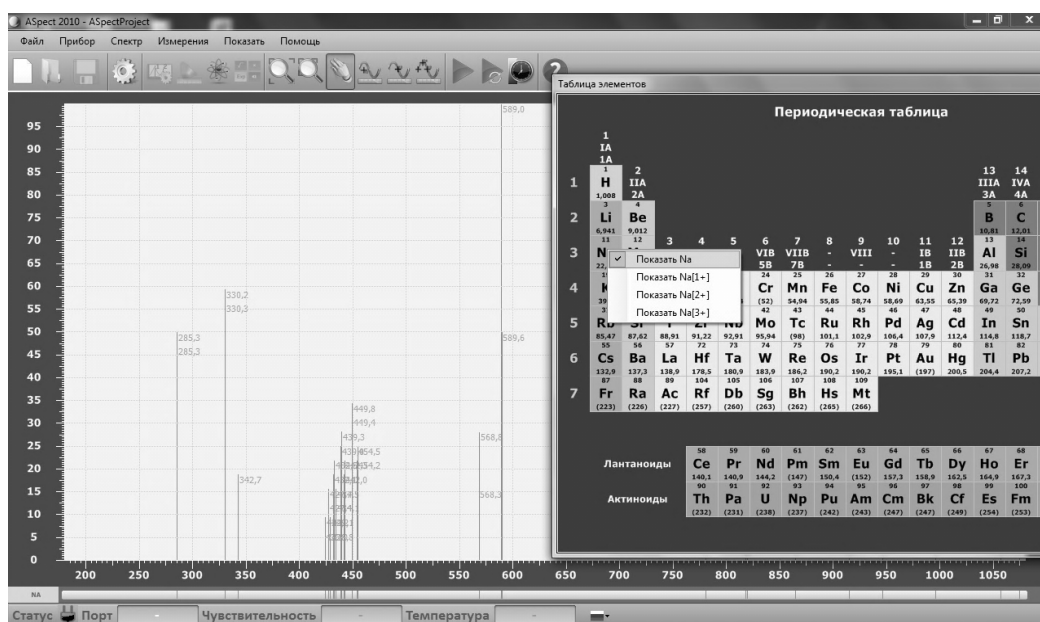


Рис. 6

На кафедре электронных приборов и устройств СПбГЭТУ «ЛЭТИ» была разработана программа Aspect для управления оптическими спектрометрами и анализа получаемых спектральных данных. С ее помощью во многом упрощается идентификация спектральных линий, так как линии любых атомов и ионов могут быть отображены поверх полученного спектра (рис. 6).

Учитывая линейность световой характеристики ПЗС-фотоприемника, используемого в оптическом спектрометре, а также закон взаимозаменяемости времени накопления и интенсивности излучения [5], можно осуществить калибровку прибора по эталонным содержаниям веществ в воде.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о принципиальной возможности качественного и полуколичественного анализа жидкостей с помощью анализа спектров излучения разрядов в жидкости или над ее поверхностью. Однако существует целый ряд сложностей, возникающих при создании системы экспресс-контроля по данному методу: низкая чувствительность метода, требующая увеличения времени накопления заряда в ПЗС-фотоприемнике; быстрая загрязняемость разрядной ячейки; распыление электродов; необходимость близкого расположения ВИП разряда рядом с низковольтной схемой управления спектрометра и мн. др. Таким образом, рассмотренные системы малоэффективны для создания портативных систем экспресс-контроля, а скорее могут найти применение в лабораторных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Webb M. R., Niefert G. M. Spectrochemical analysis by using discharged devices with solution electrodes // Analytical chemistry. 2009. Vol. 81, № 3. P. 862–867.
2. Соколов М. А., Брытов И. А. Использование электрического разряда в жидкости для эмиссионного анализа // Петерб. журн. электроники. 2008. № 2–3. С. 100–104.
3. Разряд при вскипании в канале – новый источник атомизации и возбуждения для атомно-эмиссионного определения металлов в потоке / Б. К. Зуев, В. В. Ягов, М. Л. Гецина, Б. А. Руденко // Журн. аналитической химии. 2002. Т. 57, № 10. С. 1072–1077.
4. Mezei P., Cserfalvi T. Electrolyte cathode atmospheric glow discharges for direct solution analysis // Applied spectroscopy reviews. 2007. Vol. 42. P. 573–604.
5. Кострин Д. К. Исследование линейности светосигнальной характеристики ПЗС-фотоприемника // Петерб. журн. электроники. 2008. № 2–3. С. 86–91.

D. K. Kostrin

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF EXPRESS CONTROL OF WATER COMPOSITION WITH OPTICAL SPECTROMETER USING DISCHARGE IN LIQUID

Designs of cells used for the analysis of water composition by emission spectrums of discharge in liquid are considered. The optimum characteristics of the pulse voltage giving the best sensitivity of a method are defined. The main disadvantages of systems for the express control of water composition on the basis of discharge in liquid are given.

Optical spectrometer, express control, composition of water, discharge in liquid