

УДК 681.78

ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

К.Г. Коротков, Д.В. Орлов, Е.Н. Величко, Ю.Ю. Гатчина

Работа направлена на создание процедуры проведения измерений объектов природной среды на оборудовании газоразрядной визуализации. В ходе исследований были выявлены дестабилизирующие факторы измерений и найдены пути их устранения. Предложена процедура проведения измерений, обеспечивающая наиболее стабильные результаты.

Ключевые слова: ГРВ, процедура измерений, природная среда.

Введение

Принципы регистрации цифровых газоразрядных изображений с последующей их компьютерной обработкой и анализом были развиты в работах [1–4]. На этом принципе были созданы различные модификации приборов газоразрядной визуализации (ГРВ). Эти приборы используются для экспресс-диагностики состояния здоровья людей [1, 3], а также для исследования объектов природной среды [1, 4]. С помощью ГРВ-оборудования можно зарегистрировать динамику изменения исследуемого объекта или объектов природной среды, но нельзя оценить абсолютное значение параметров исследуемого объекта, например, электрической емкости или другой физической характеристики.

На получаемые во время проведения измерений значения рассчитываемых параметров может влиять множество факторов, большая часть которых не представляют интереса для исследования и, более того, увеличивают погрешность измерений. К тому же для проведения подобных исследований до сих пор не было сформулировано науч-

но обоснованных методических правил проведения измерений. Это приводило к проблемам при трактовке, статистической обработке и обосновании достоверности полученных результатов.

Целью данной работы является выявление дестабилизирующих факторов, оказывающих влияние на получаемые результаты, выработка путей их устранения и разработка процедуры проведения измерений и обработки получаемых данных.

Экспериментальная установка

Процедура формирования ГРВ-изображений с помощью прибора ГРВ заключается в следующем. Исследуемый объект помещается на кварцевый электрод, на обратную сторону которого нанесено прозрачное токопроводящее покрытие, на которое в течение заданного времени подаются импульсы напряжения от специализированного генератора. Мощность импульсов и длительность воздействия задаются программно в контуре управления. При высокой напряженности поля в пространстве между объектом и пластиной развивается лавинный и/или скользящий газовый разряд, характеристики которого определяются свойствами объекта. Пространственное распределение разряда фиксируется специализированной видеокамерой (на базе ПЗС-матрицы), расположенной непосредственно под прозрачным электродом. Видеопреобразователь осуществляет оцифровку изображения и передачу его в компьютер для дальнейшей обработки. ГРВ-граммы обрабатываются в специально разработанном программном комплексе, где осуществляется расчет параметров изображений, таких как площадь и средняя интенсивность разряда. Эти параметры наиболее сильно коррелируют с физическими характеристиками исследуемого объекта, например, электрической емкостью и сопротивлением [5].

В данной работе использовались приборы ГРВ серии «ГРВ Компакт» с аналоговой видеокамерой (www.kti.spb.ru). Приборы ГРВ с цифровыми камерами требуют более длительного времени разогрева при проведении прецизионных исследований по сравнению с аналоговыми камерами [5]. Эксперименты производились при стандартных условиях: температура воздуха 21–25 °С, относительная влажность 26–30%.

Для проведения измерений на электрод помещался металлический цилиндр (1 см в диаметре и высотой 2 см) – тест-объект, который, в свою очередь, подключался к платиновому электроду, помещенному в сосуд с жидкостью, или к металлической антенне, расположенной в исследуемой области. Антенна используется для исследования газообразных сред. Принципиальная схема экспериментальной установки подробно описывалась в статье [5]. Обработка данных производилась в специально разработанном программном обеспечении «GDV Scientific Laboratory» производства компании «Kirlionics Technologies International»[®].

Результаты

Основные дестабилизирующие факторы

При проведении любых измерений методом газоразрядной визуализации на получаемые результаты оказывают влияние различные факторы, которые мы назвали дестабилизирующими. Среди этих факторов можно выделить общие, т.е. относящиеся к измерениям на ГРВ-приборах в целом, и частные, т.е. относящиеся только к измерениям с применением определенной экспериментальной установки, например, измерения с шприцом. Далее приведены общие дестабилизирующие факторы. Полный список с подробным описанием приведен в работе [6].

Плохое заземление. При отсутствии надлежащего заземления прибора и компьютера, подключенного к нему, происходит накопление на них статического заряда, что с течением времени может приводить к разрядке накопившегося заряда и, при длитель-

ных сериях измерений, иногда приводит к самопроизвольному выключению или перезагрузке компьютера. Также при отсутствии заземления сказывается влияние перепадов напряжения в сети, обусловленных другими электрическими приборами, подключенными в одну сеть с прибором ГРВ. Эти факторы влияют на стабильность газового разряда, а, следовательно, и получаемых ГРВ-грамм (рис. 1).

Заземление прибора может помочь избежать влияния других электрических приборов, подключенных в одну сеть с прибором ГРВ и компьютером. От этого влияния можно избавиться альтернативным способом: подключить прибор ГРВ к автономному источнику питания с выходным напряжением 12 В, например, автомобильному аккумулятору, а в качестве компьютера использовать ноутбук, работающий от собственного аккумулятора.

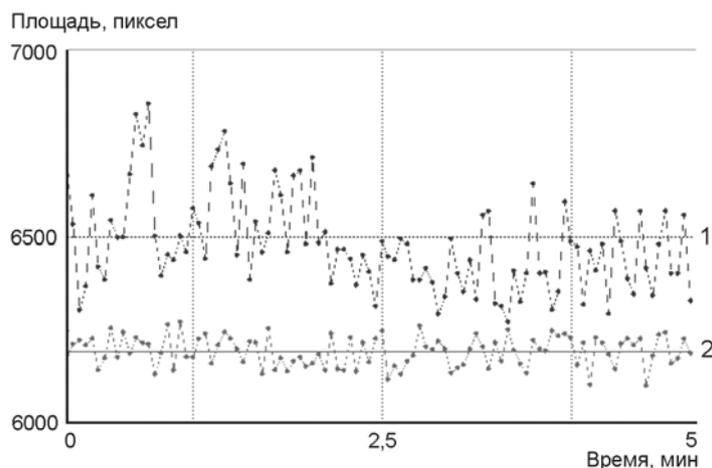


Рис. 1. Влияние заземления на разброс значений площади ГРВ-грамм: 1 – съемка без заземления; 2 – съемка с заземлением

Недостаточная вентиляция. При использовании стандартной для ГРВ-приборов крышки, закрывающей электрод, не происходит необходимой вентиляции воздушного промежутка между крышкой и электродом, в результате чего происходит накопление озона при съемке длительных серий. Накопление озона в значительной степени влияет на получаемые ГРВ-граммы и их параметры.

Исследования показали, что в отсутствии вентиляции в промежутке между крышкой и прозрачной пластиной накапливается озон, что значительно снижает площадь разряда.

Разогрев прибора. Прибору ГРВ требуется некоторое время для выхода на режим работы, при котором параметры ГРВ-грамм наиболее стабильны. Для исследованного нами образца прибора «ГРВ Компакт» стабильному уровню работы соответствует разброс значений средней интенсивности, не превышающий 1,5% от среднего значения в серии, а по площади – 3%. Явление «разогрева» прибора заключается в постепенном, плавном увеличении значения средней интенсивности и уменьшении площади газового разряда после включения (рис. 2).

Для выхода на стабильный режим по средней интенсивности ГРВ-грамм необходимо произвести разогрев один раз после включения прибора.

Однако, поскольку между сериями измерений во время проведения эксперимента зачастую прибор простаивает, то он успевает остыть. По этой причине в начале каждой серии измерений возникает небольшой спад площади свечения на протяжении первых 20–40 разрядов. Если время простоя прибора ГРВ превышает 1 час, то лучше повторно произвести разогревочную серию длительностью 300 кадров.

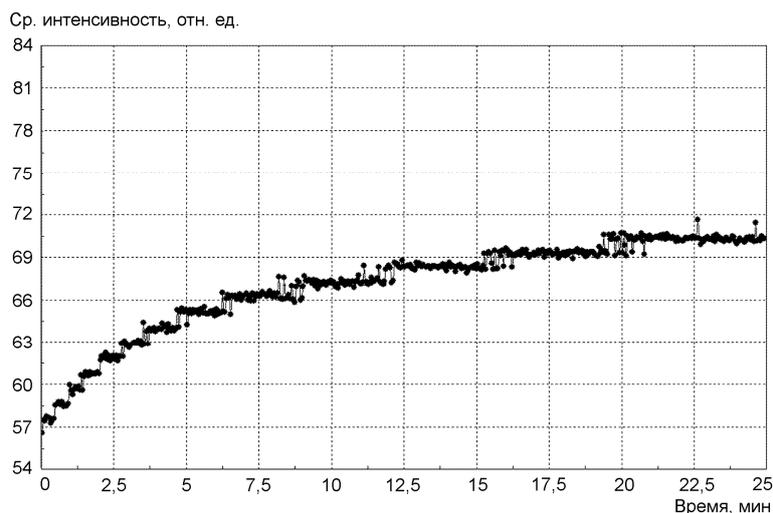


Рис. 2. Явление «разогрева» ГРВ-камеры

Смещение тест-объекта. Одним из дестабилизирующих факторов является изменение положения тест-объекта на стеклянном электроде. Перемещение или переустановка тест-объекта приводит к изменению площади его соприкосновения с электродом. Это выражается в изменении площади свечения или появлении засветки внутри круга, описывающего тест-объект на ГРВ-грамме. Данная засветка появляется из-за неплотного прилегания в некоторых местах поверхности тест-объекта к поверхности стеклянного электрода прибора. Эти явления значительно увеличивают разброс значений параметров ГРВ-грамм внутри серий и между сериями, что снижает стабильность получаемых результатов и не позволяет произвести нормальную статистическую обработку результатов.

Изменение условий окружающей среды. Условия окружающей среды, например, влажность воздуха, температура, электромагнитный фон, оказывают влияние на развитие газового разряда. Состояние воздуха в экспериментальной лаборатории влияет на газовый разряд, поскольку он развивается в окружающем воздухе. Например, включение какого-либо электрического прибора в помещении, в котором производятся измерения на приборе ГРВ, может привести к изменению электромагнитного фона, что, в свою очередь, скажется на получаемых ГРВ-граммах.

Установить влияние каждого из параметров окружающей среды на параметры ГРВ-грамм представляется практически невозможным, поскольку для этого их надо брать по отдельности. Поэтому мы дадим определение одинаковым условиям от противного. Одинаковыми условиями проведения измерений на приборах ГРВ считаются такие, при которых средние значения параметров ГРВ-грамм серий лежат в пределах $\pm 2\%$ по площади и $\pm 1,5\%$ по средней интенсивности. Эти пороговые значения универсальны для проведения любых измерений на ГРВ-приборах в закрытом помещении, однако эти рамки могут расширяться при проведении измерений на открытом воздухе.

Интервал между разрядами. На приборах «ГРВ Компакт» и «ГРВ Камера» минимально возможный интервал между двумя последовательными разрядами в серии составляет 3 с. Этот порог задан программным путем, и изменить его нельзя, поскольку он обусловлен электрическими процессами, происходящими в приборе ГРВ (например, перезарядка конденсатора).

Эксперименты показали, что при временном интервале 3 с между разрядами разброс значений параметров площади и средней интенсивности больше, чем при интервале 5 с. Дальнейшее увеличение интервала между разрядами не приводит к увеличению стабильности получаемых результатов и уменьшению разброса внутри серии.

Протирка электрода. Если между сериями измерений стеклянный электрод прибора ГРВ протереть тканью, то значения параметров ГРВ-грамм в следующей серии изменятся. Это происходит по причине изменения заряда, накопившегося на электроде (рис. 3). Как видно из рисунка, кроме изменения среднего значения площади ГРВ-грамм, произошло сильное увеличение разброса значений внутри серии. Это выразилось в двукратном увеличении среднеквадратического отклонения (изменение высоты прямоугольников) и доверительного интервала («ушки», расположенные сверху и снизу от прямоугольника). То же самое происходит и с параметром средней интенсивности.

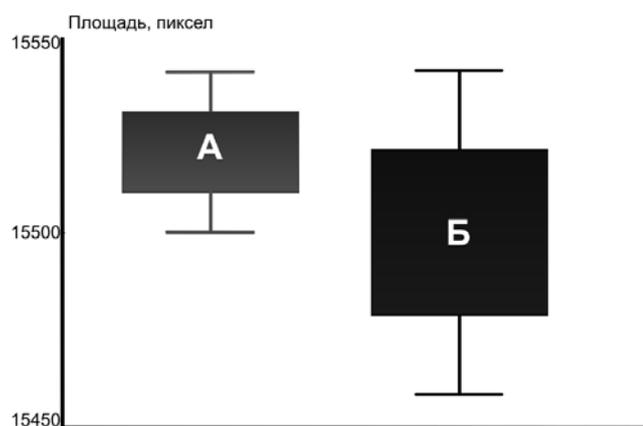


Рис. 3. Влияние протирки электрода сухой тканью на значения площади ГРВ-грамм в сериях: А – серия до протирки; Б – серия после протирки

Засветка изображения. Во время измерений в хорошо освещенных помещениях или на открытом воздухе может происходить засветка получаемого изображения из-за проникновения света в щели между защитной крышкой электрода, держателем тест-объекта или шприца. Подобная засветка будет влиять на параметры ГРВ-грамм и вносить дополнительную погрешность в измерения.

Общие рекомендации

Исходя из перечисленных дестабилизирующих факторов, были сформулированы общие рекомендации проведения прецизионных измерений на приборах ГРВ.

1. Обеспечить заземление прибора ГРВ и компьютера.
2. Во время проведения длительных непрерывных измерений (десятки минут и более) необходимо обеспечивать постоянное вентилирование.
3. Перед началом измерений необходимо производить «разогревочную» серию длительностью 300 разрядов с интервалом 3 с при замыкании тест-объекта на «землю» прибора.
4. Разогрев нужно производить при интервале 3 с, измерения проводить при временном промежутке между разрядами 5 с.
5. Тест-объект следует аккуратно устанавливать перед началом эксперимента и не передвигать, пока эксперимент не будет закончен и все нужные серии отсняты.
6. Необходимо следить за условиями окружающей среды:
 - перепады влажности воздуха не должны превышать 5 %;
 - перепады температуры воздуха не должны превышать 5 °С;
 - не включать/выключать электрические приборы во время проведения экспериментов в комнате, в которой стоит прибор ГРВ;
 - не разговаривать по сотовому телефону вблизи прибора ГРВ;
 - количество людей, находящихся рядом с прибором, должно быть постоянным;
 - избегать резких перепадов атмосферного давления.

7. Длительность каждой серии измерений должна быть не менее 140 ГРВ-грамм.
8. При обработке результатов исключать первые 40 снимков из расчета.
9. После каждого изменения условий окружающей среды следует производить калибровку. Для этого можно использовать последние 10 снимков из «разогревочной» серии.

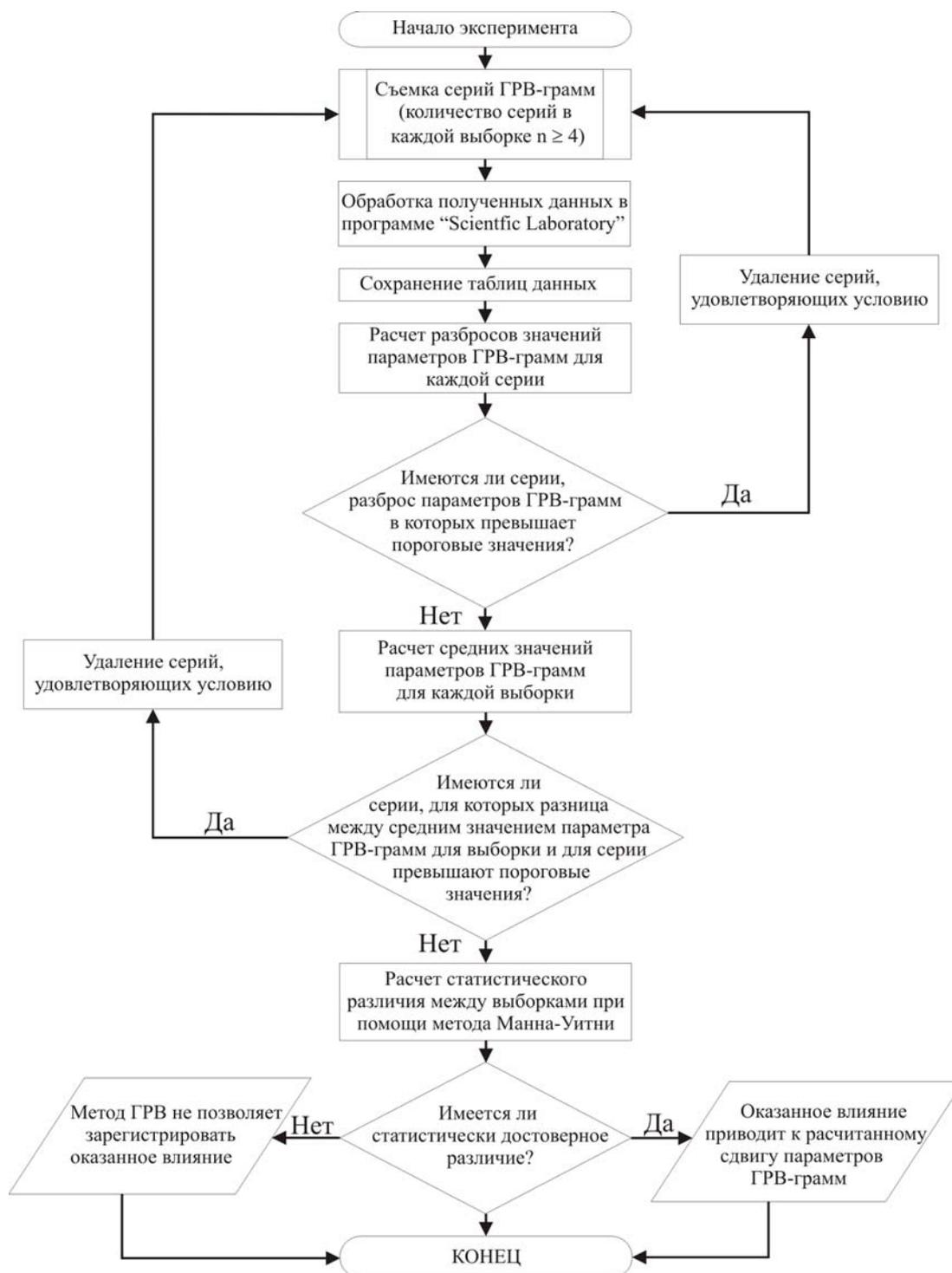


Рис. 4. Алгоритм процедуры проведения измерений

Процедура проведения измерений

В каждом конкретном эксперименте необходимо тщательно продумывать процедуру проведения измерений. Необходимо соблюдать перечисленные выше требования.

Любой эксперимент по исследованию определенного воздействия можно разбить на три этапа: 1 – до воздействия (фон), 2 – воздействие, 3 – после воздействия (последствие). Перед началом непосредственного исследования воздействия следует проверить саму процедуру измерений на стабильность. Для этого надо выполнить приведенную на схеме (рис. 4) последовательность действий, исключив второй этап эксперимента, то есть само воздействие. В случае правильно поставленного эксперимента статистически значимой разницы между значениями параметров ГРВ-грамм не должно быть. Если же разница есть, то следует еще раз перепроверить правильность постановки эксперимента и повторить все шаги.

Как только процедура измерений налажена, проверена и не оказывает значимого влияния на объект исследования, можно переходить к непосредственным измерениям исследуемого воздействия.

Заключение

В результате проведенной работы были выявлены основные дестабилизирующие факторы, оказывающие максимальное влияние на результаты экспериментов, найдены пути устранения этих факторов, а на их основе разработаны общие рекомендации, также был разработан алгоритм процедуры проведения измерений на ГРВ-оборудовании. Все это в совокупности позволяет получать достоверные, воспроизводимые, математически обоснованные результаты при исследовании различных объектов природной среды. В результате проведенных исследований и анализа полученных данных было написано и опубликовано методическое пособие [6], в котором более подробно описана процедура со всеми необходимыми для расчетов математическими формулами.

Литература

1. Коротков К.Г. Основы ГРВ биоэлектрографии. – СПб: ИТМО (ТУ), 2001. – 356 с.
2. Коротков К.Г. Эффект Кирлиан. – СПб: Ольга, 1995. – 218 с.
3. Коротков К.Г. От эффекта Кирлиан к биоэлектрографии. – СПб: Ольга, 1998. – 341 с.
4. Коротков К.Г. Разработка научных основ и практическая реализация биотехнических измерительно-вычислительных систем анализа газоразрядного свечения, индуцированного объектами биологической природы: дис. док. техн. наук. – СПб: СПбИТМО, 1999. – 93 с.
5. Орлов Д.В., Петрова Е.Н., Чайкун К.Е. Параметрические зависимости частотно-резонансных оптоэлектронных контуров // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2008. – № 48. – С. 225–233.
6. Орлов Д.В. Методика проведения измерений объектов природной среды на программно-аппаратном комплексе газоразрядной визуализации (ГРВ): Методическое пособие / Под ред. д.т.н. Короткова К.Г. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 47 с.

Коротков Константин Георгиевич	– Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, доктор технических наук, профессор, korotkov2000@gmail.com
Орлов Дмитрий Владиславович	– Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, mityaorlov@gmail.com, mitya-9@mail.ru
Величко Елена Николаевна	– Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, heleonores@mail.ru
Гатчина Юлия Юрьевна	– Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, экономист, Gatchina@mail.ifmo.ru