

УДК 57.087.1

ББК 28.07

**А. Ю. Сорокин,  
А. А. Клишкин,  
А. А. Сиротский**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ  
ВИЗУАЛИЗАЦИИ КАК СРЕДСТВА  
БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

*РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОЦИАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ООО «ВЫБОР»  
Г. МОСКВА*

**Аннотация:** в настоящей статье изложены материалы исследования газоразрядной визуализации в ключе решения задач биометрической идентификации человека. Описана теоретическая основа гипотезы и данные по методике проведения исследования. Приводятся результаты исследования с некоторыми выявленными закономерностями.

**Ключевые слова:** биометрическая идентификация, газоразрядная визуализация, отпечаток пальца.

## ВВЕДЕНИЕ

**П**ри нынешнем уровне информатизации и росте технологий, существующие методы идентификации и аутентификации постепенно перестают отвечать действующим требованиям безопасности. Именно поэтому с начала XXI века биометрия становится все более востребованной [6]. Однако настоящее время состояние биометрических технологий в мире ещё не достигло должного уровня [8]. Сейчас о биометрии можно говорить, как о быстро развивающейся области исследований, в которой ещё не удалось достичь должного результата. Череда серьёзных тестов, проведённых в последнее время, показали недостаточную надёжность таких систем.

Японский криптограф Цутомо Мацумото, скомпрометировал более десятка систем авторизации пользователя по отпечатку пальца. Недавно подобное серьёзное исследование было предпринято немецким компьютерным журналом "c't" [2]. Выводы экспертов все однозначны: на данный момент, биометрические системы не достигли для потребительского рынка того уровня, когда их можно было бы рассматривать в качестве реальной альтернативы традиционным паролям [5]. К примеру, систему опознавания лиц FaceVACS-Logon немецкой фирмы Cognitec удаётся ввести в заблуждение, просто предъявив фотографию зарегистрированного пользователя. Для обмана более изощрённого ПО, анализирующего характерные признаки живого человека (мимические движения лица) может быть успешно применён экран ноутбука, на котором демонстрируется видеоклип с записью лица. Несколько сложнее обмануть систему Authenticam VM-ET100 фирмы Rapasonic для опознавания радужной оболочки глаза, поскольку здесь инфракрасные датчики реагируют не только на характерный узор изображения радужки, но и на иную глубину расположения зрачка. Однако, если проделать небольшое отверстие на месте зрачка в фотоснимке глаза, куда при опознании заглядывает другой человек, систему удаётся обмануть.

Что же касается систем опознавания пользователя по отпечатку пальца с помощью ёмкостного сенсора на мышке или клавиатуре, то здесь самым распространённым способом обмана является повторное «оживление» уже имеющегося отпечатка,

оставленного зарегистрированным пользователем. Для «реанимации» остаточного отпечатка иногда бывает достаточно просто подышать на сенсор, либо приложить к нему тонкий полиэтиленовый пакет, наполненный водой.

Подобные трюки, в частности, весьма удачно опробованы на мышках ID Mouse фирмы Siemens, оснащённых ёмкостным сенсором Finger TIP производства Infineon. Наконец, «искусственный палец», отлитый в парафиновой форме из силикона, позволил исследователям одолеть все шесть протестированных дактилоскопических систем [9].

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что на данный момент времени, проведение исследований с целью поиска новых решений, методов и технологий, является делом крайне уместным и целесообразным [7]. В рамках решения данной задачи, было проведено исследование газоразрядной визуализации (ГРВ), как явления, позволяющего осуществлять процесс идентификации человека. Стоит отметить, что работы в данном направлении ещё не велись.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГРВ КАК СРЕДСТВА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

В основе разрабатываемого метода лежит несколько предположений, которые являются следующими логическими выводами из следующих проверенных фактов:

1. Явление газоразрядной визуализации представляет собой разряд в газе между объектом и электродом. При данном явлении отмечаются три процесса [4]:
  6. Ионизация воздуха с выделение озона;
  7. Образование разряда между объектом и электродом;
  8. Переходы свободных электронов объекта с низких на высокие энергетические уровни и наоборот.

Данные процессы происходят в результате действия на предмет электрического поля высокой напряжённости. Если рассмотреть этот процесс подробнее, то получается следующая картина: поле возбуждает электрические заряды в объекте, под действием этой силы, они приобретают дополнительную энергию и преодолевают притяжение атома покидая его. Именно эти электроны и формируют последующий разряд между объектом и электродом. Когда атомы теряют электроны на внешних энергетических уровнях, их начинают заполнять электроны с более нижних уровней, за счёт опять же приобретения дополнительной энергии. Если атом теряет электрон с нижнего уровня, то возможен вариант заполнения его за счёт провала электрона с верхнего уровня. В момент разряда, летящие электроны попутно выбивают отрицательные заряды из атомов воздуха, таким образом происходит процесс ионизации в результате которого, так же выделяется озон. Задаваясь вопросом

о причинности этих процессов, возможно сделать следующее умозаключение: сама по себе газоразрядная визуализация, не что иное, как уже давно существующее в природе явление, а именно Фотозффект. Разница только в том, что в случае ГРВ, этот процесс является искусственно направленным на конкретный объект и вполне управляемым, с возможностью регистрации.

2. Фотозффект — есть явление испускания электронов веществом под действием света. Фотозффект протекает по трём законам [3]:

- Сила фототока прямо пропорциональна плотности светового потока.
- Максимальная кинетическая энергия вырываемых светом электронов линейно возрастает с частотой света и не зависит от его интенсивности.
- Для каждого вещества при определённом состоянии его поверхности существует граничная частота света, ниже которой фотозффект не наблюдается. Эта частота и соответствующая длина волны называется красной границей фотозффекта.

Теоретическое обоснование этим законам в 1905 году было дано Альбертом Эйнштейном. По его мнению, и как показала в дальнейшем практика, электромагнитное излучение представляет с собой поток отдельных фотонов с энергией равной ( $h \cdot \nu$ ). При данном явлении часть попадающего света отражается от поверхности металла, а часть проникает внутрь и там поглощается. Когда электрон поглощает фотон, то он получает от него энергию и покидает металл, совершая работу. Закон фотозффекта математически выглядит так:

$h\nu = A + W_k$  где  $h$  — постоянная Планка,  $\nu$  — частота фотона,  $A$  — работа которую совершает электрон преодолевая притяжение атома и покидая его,  $W_k$  — максимальная энергия которую имеет электрон покидая атом. Так же, Альберт Эйнштейн установил, что свет, есть электромагнитная волна.

Из периодической таблицы химических элементов Менделеева следует, что металлы от других элементов отличаются всего лишь на всего большим количеством свободных электронов в своей кристаллической решётке, то есть тех электронов, которые не задействованы в построении химической связи и способны легко отрываться от конкретного атома. Этот факт обусловлен механизмом заполнением электронами энергетических уровней атома и как следствие способности атома, создавать химическую связь. Этот же факт обуславливает и высокую проводимость металлов.

Из вышеизложенных фактов возможно сделать следующее умозаключение: фотозффект возможен не только в металлах, но в любом веществе, причём управляя частотой электромагнитного излучения возможно воздействовать на конкретные энергетические уровни атомов того вещества, которое подвергается фотозффекту.

3. В настоящее время ГРВ используется для экспресс-анализа образцов руд в геологии, а так же для нахождения скрытых дефектов в металлах. Дефект

в металле, если посмотреть на его кристаллическую решётку будет выражен в её неправильности в геометрическом смысле. То есть среди идентичных узлов и блоков, будут встречаться отдельные, отличные от общего вида элементы. Подсветка металлической детали методом ГРВ, позволяет обнаружить скрытый дефект по неоднородности разряда в конкретной области. То есть, к примеру, если мы возьмём монету, на торце которой будет дефект (неоднородность кристаллической решётки), то это выразится в некотором прерывании или искажении разрядного ореола по окружности.

Исходя из этого факта, возможно сделать следующее умозаключение: для постоянных молекулярных структур под действием не изменяемого электрического поля, форма и интенсивность разряда будут постоянны.

4. Человеческий организм — это многоуровневая система, которая представляет собой совокупность разных подсистем. Вещества, которые являются строительным материалом данных систем, постоянны[1]. Из всех подсистем есть 4 особые, которые по своему строению и работе достаточно постоянны:

- а) Опорно-двигательная система.
- б) Сердечно сосудистая система.
- в) Нервная система.
- г) Покровная система.

Опорно-двигательная система включает в себя скелет, суставы, мышцы и сухожилия. Мышцы, сухожилия и суставы элементы достаточно динамичные, в то время как скелет, по завершению окончательного формирования, (в среднем после 25 лет) предельно статичен, как по структуре строения костных тканей, так и веществам, являющихся его основой.

Сердечно-сосудистая система включает в себя сердце, магистрали кровоснабжения и кровь. Полный круг кровообращения клетка крови проходит за 4 секунды. Важный момент заключается в том, что по завершению окончательного формирования, (в среднем после 25 лет) магистрали кровоснабжения постоянны, главным образом распределение капиллярных сосудов на коже так же является постоянным. Молекула гемоглобина в крови содержит атом железа, который необходим для возможности транспортирования кислорода и углекислого газа.

Нервная система сама по себе подобна информационно вычислительной сети, которая представляет собой набор всевозможных сенсоров, подключённых к серверу обрабатывающему информацию и отдающему команды. Обмен информации в этой «сети» идёт в двустороннем режиме.

Покровная система человека представляет с собой кожу. Строение верхнего слоя клеток кожи и их количество скажем для подушечек пальцев, именно этот факт

обуславливает неизменность отпечатков пальца. Так же, кожа обладает так называемой электрической активностью, которая изменяется вместе с состоянием человека. Данное свойство было названо КГР — кожно-гальваническая реакция.

Исходя из этого, возможно сделать следующее умозаключение: общее структурное состояние подушечки пальца можно считать постоянным, за исключением КГР и периодов притока и оттока крови.

Исходя из всего вышеизложенного, теоретической основой проведённого исследования, возможно считать следующие методологические принципы:

1. Явление ГРВ рассматривается как фотоэффект.
2. Фотоэффект возможен не только в металлах, но в любом веществе, причём управляя частотой электромагнитного излучения возможно воздействовать на конкретные энергетические уровни атомов того вещества, которое подвергается фотоэффекту.
3. Для постоянных молекулярных структур под действием не изменяемого электрического поля, форма и интенсивность разряда будут постоянны.
4. Общее структурное состояние подушечки пальца можно считать постоянным, за исключением КГР и периодов притока и оттока крови.

## **ЗАДАЧИ ПРОВЕДЁННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

В ходе проведения исследования, было необходимо установить зависимости, отвечающие на следующие вопросы:

1. Насколько статичен разряд между электродом и подушечкой пальца?
2. Насколько изменяется разряд конкретного человека с течением времени?
3. Какие факторы влияют на интенсивность и форма разряда?
4. Какими методами возможно регулировать область воздействия поля?
5. Насколько интенсивность и форма разряда одного человека отлична от другого?
6. Выявить динамические и статические характеристики разряда в случае наличия таковых.
7. Практически определить возможность применения явления ГРВ для решения задач биометрической идентификации.

## СРЕДСТВА ПРОВЕДЁННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Регистрация разряда проводилась общеизвестными методами на следующем оборудовании:

1. Генератор напряжения свыше 15 Кв., при частоте импульса до 450 Гц.
2. Промежуточный разрядник — для понижения напряжения.
3. Короб из орг. стекла — выполняющий функцию диэлектрической пластины.
4. Короб из орг. стекла с тонкой проводящей сеткой — для экранирования генератора.
5. Прозрачная сенсорная панель телефона — выполняющая функцию электрода на обратной стороне пластины.
6. Зеркало — для удобного ракурса фотографирования.
7. Фотоаппарат Nikon D3200 — для осуществления фотографирования.

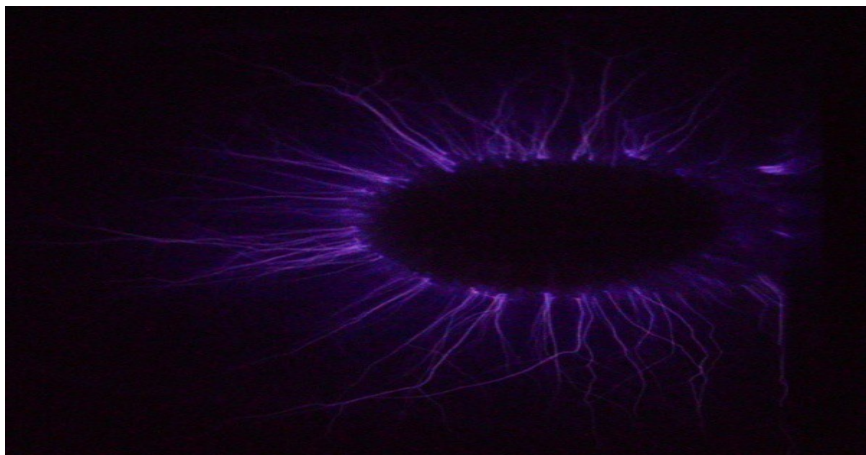
Объектом регистрации и анализа, являлся разряд между подушечкой пальца испытуемого и электродом. Полученная фотография переносилась в компьютер. Для реализации задач по идентификации, была написана программа «АНАЛИЗАТОР». В основу ПО, по сути, заложена функция калькулятора RGB таблиц. Она способна проводить вычисления сразу по множеству объектов. Это позволяет производить сравнение изображений один к одному и один ко множеству.

Каждое изображение можно представить в виде координатной плоскости с шагом в один пиксель по каждой оси. Количество пикселей всего изображения берётся за 100%. Программа считает количество пикселей каждого цвета на изображении, и создаёт из них RGB таблицу, в которой происходит вычитание количества пикселей базового и сравниваемого изображения. Результат по модулю берётся как процент от количества пикселей всего изображения. Этот результат является процентом различия между одним и другим изображением. Для настройки идентификации, реализована функция пороговой отметки различий в результате. Важный момент заключается в том, что в базе хранятся не сами изображения, а только их RGB значения.

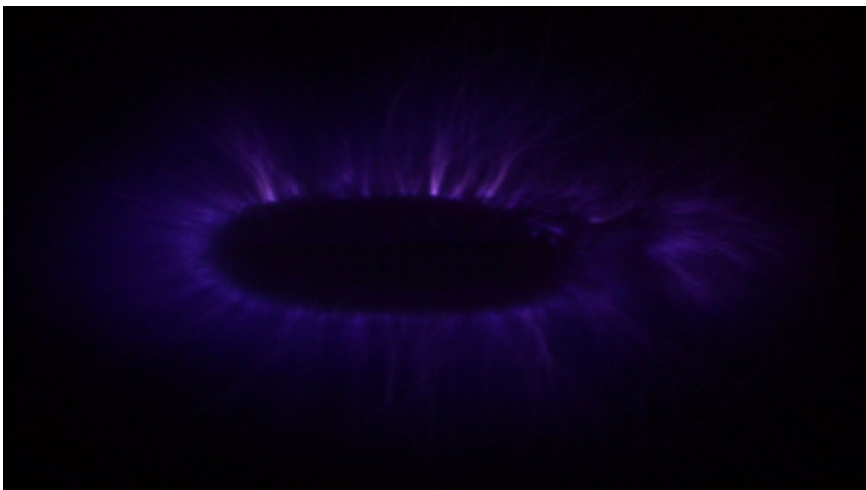
## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЁННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на контрольной группе в 37 человек, от которых было получено и проанализировано более 2000 фото. Каждый снимок исследовался на предмет наличия уникальных параметров, полученная информация систематизировалась. Опытным путём было установлено, что разряд между подушечкой пальца и электродом, можно представить в виде двух, различных друг

от друга разрядов. Один из них является коронным разрядом, а второй — лавинным. Их разделение справедливо само по себе, хотя бы только по тому, что физическая природа их формирования разная. Для наглядности обратимся к фото. На рисунке 7 представлен выделенный коронный разряд, на рисунке 8 — лавинный.



*Рисунок 7 – Коронный разряд*



*Рисунок 8 – Лавинный разряд*

Опытным путём было установлено, что коронный разряд напрямую зависит от разности потенциалов. Его интенсивность определяет именно подаваемое напряжение. Чем оно выше, тем чётко выраженные разряды длиннее и ярче. А вот лавинный разряд, напрямую зависит от частоты поля. Чем она выше, тем лавинный



разряд интенсивнее по своему цветовому спектру. Важный момент заключается в том, что наблюдается всегда два типа разряда одновременно.

Статичность обоих разрядов так же весьма отлична друг от друга. Поскольку коронный разряд является следствием высокого напряжения, для разряда он ищет наиболее проводящие области. Если учесть тот факт, что движение молекул воздуха существенно и биологические процессы в пальце так же изменяют проводимость его отдельных областей, то это говорит о том, что коронный разряд по своей форме будет изменчив и не постояен. Однако его интенсивность при неизменяемом напряжении, изменяется не значительно.

В случае лавинного разряда, дело обстоит несколько иначе. Его физической основой является естественный фотоэффект, поэтому этот процесс, возможно охарактеризовать, как естественный и не принуждённый.

Электромагнитная напряжённость заставляет электроны не задействованные в химических связях срывать и улетать. Именно это и обуславливает внешний вид лавинного разряда, он подобен туману или ореолу. Если присмотреться ближе и внимательнее, особенно это видно на фото высокого разрешения формата RAW, по контуру пальца можно чётко определить места, где лавинный разряд наиболее интенсивен. Опытным путём было установлено, что данные места остаются постоянными, за исключением того, что лавинный разряд как бы пульсирует в такт сердечного ритма. Так же существенным различием между коронным и лавинным разрядом заключается в их цветовом спектре.

Исходя из проведённых опытов было установлено, что цветовой спектр коронного разряда уходит больше в фиолетовый цвет, в то время как лавинный, имеет чётко насыщенный синий цвет. Опыты по наблюдению за формой и интенсивность обоих разрядов с промежутками во времени от одних и тех же людей показали, что коронный разряд так же зависит от КГР. Это выражается в том, что коронный разряд проявляется по-разному, ввиду изменения психофизиологического состояния испытуемого. В то же время, исходя из наблюдений, лавинный разряд демонстрирует себя достаточно стабильно.

Конечные опыты по сравнению изображений показали, что при анализе изображения на программе «АНАЛИЗАТОР», величина отличий изображений варьируется от 29% до 48%. Если учесть, что на фотографии сам разряд занимает менее 50% процентов изображения, то диапазон различий можно теоретически увеличить в полтора раза применительно к самим разрядам.

Оценку способности данной технологии осуществлять биометрическую идентификацию, возможно охарактеризовать путём определения вероятности ошибки первого и второго рода. На экспериментальном оборудовании, получились следующие значения (Таблица 3).

Таблица 3 – Вероятностная характеристика ошибок первого и второго рода

Выборка	Ошибка первого рода	Ошибка второго рода
37	0,15	0,22

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённой работы, было положено начало новому направлению исследований в области биометрии. Показатели вероятностной характеристики ошибки первого и второго рода, ясно говорят о том, что место совпадению отсутствует, а следовательно, исходя из результатов полученных в рамках данного исследования, можно сделать вывод о том, что явление газоразрядной визуализации возможно использовать для решения задач биометрической идентификации. Однако для разработки этой технологии на должном уровне, требуется провести ряд серьёзных исследований. Преимуществами данного метода, является физическая основа самого эффекта, и как следствие, серьёзная трудность в получении идентифицируемой информации для осуществления злого умысла.

Говоря подробнее, существующие системы по большей части основаны на идентификации по явным физиологическим признакам, фиксация которых возможна без использования специальных технических средств. К таким системам, относятся технологии основанные на: дактилоскопии [2], геометрии ладони, геометрии лица, голосу [10], сетчатка и радужная оболочка глаза [11]). Для получения термограммы лица, достаточно посмотреть на человека в необходимом спектре, подобные камеры, можно приобрести в открытом доступе [9]. В случае же явления ГРВ, для получения изображения разряда подлежащего идентификации необходимо не просто занести палец человека в область электрического поля, но и соблюсти идентичные характеристики условий регистрации разряда, которые могут так же являться динамическими параметрами. Таким образом, мы имеем весьма перспективное направление для дальнейших исследований в области разработки систем организации контроля доступа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гайворонский И. Нормальная анатомия человека. — Litres, 2016. — Т. 1.
2. Дактилоскопия д. и др. некоторые тенденции развития технологий работы со следами рук человека // вестник полоцкого государственного университета. серия д: экономические и юридические науки. — 2012. — №. 5. — С. 190-193.
3. Дерюгин Е. Е., Соловьева М. И. Квантовая природа излучения // Методические указания / ЕЕ Дерюгин, МИ Соловьева — Томск: ТГАСУ. — 2013.

4. Игнатов И., Мосин О. В. Изучение газоразрядного свечения биологических объектов и воды методом цветного анализа Кириана // Наноинженерия. — 2014. — №. 10.
5. Карцан Р. В., Карцан И. Н. Дактилоскопия. Биометрический метод идентификации на режимном предприятии // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2013. — Т. 1. — №. 9.
6. Клак Н. Н. Проблема идентификации человека // Вестник новых медицинских технологий. — 2012. — Т. 19. — №. 2.
7. Крамаренко В. Н. Применение биометрических методов распознавания личности в банковской сфере и направления повышения эффективности этих методов // Культура народов Причерноморья. — 2013.
8. Лебеденко Ю. И. Биометрические системы безопасности. — Directmedia, 2013.
9. Лысак А. Б. Идентификация и аутентификация личности: обзор основных биометрических методов проверки подлинности пользователя компьютерных систем // Математические структуры и моделирование. — 2012. — №. 26. — С. 124-134.
10. Матвеев Ю. Н. Технологии биометрической идентификации личности по голосу и другим модальностям // Вестн. МГТУ им. НЭ Баумана. Сер. „Приборостроение“. — 2012. — №. 3. — С. 46-61.
11. Минакова Н. Н., Петров И. В. Информационная система идентификации личности по слабо различимым текстурам радужной оболочки глаза в видимом диапазоне излучения // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. — 2014. — №. 2 (32).

