

17 - Средства автоматизации и информационные технологии в физике (включая информационно-телекоммуникационные системы)

Бабушкин Артём Михайлович, аспирант 1 года обучения
Ковров, Владимирский государственный университет им. Столетовых, радиотехники и электроники
Проблемы организации каналов связи автоматизированной энергоэффективной системы управления освещением
Никитин Олег Рафаилович, д.т.н.
e-mail: artxet@mail.ru стр. 515

Бушманов Владимир Иванович, аспирант 1 года обучения
Екатеринбург, Уральский государственный университет путей сообщения, электромеханический
Оценка области неоднородности магнитного поля системы постоянных магнитов
Фишбейн Лев Абрамович, к.ф.-м.н.
e-mail: bushmanov.vova@yandex.ru стр. 516

Иванова Татьяна Дмитриевна, ст.преподаватель
Великий Новгород, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Новгородский филиал
Количественные критерии оценки эффективности цифровой обработки изображений дефектов структуры монокристаллов
Ткаль Валерий Алексеевич, д.ф.-м.н.
e-mail: ivanov-c@mail.ru стр. 518

Илюхин Александр Александрович, аспирант 1 года обучения
Владимир, Владимирский государственный университет им. Столетовых, общей и прикладной физики
Экспериментальная оценка потенциальной точности DGPS позиционирования в условиях геофизической обсерватории
Конешов Вячеслав Николаевич, д.т.н.
e-mail: vlsuiluxin@mail.ru стр. 519

Кузнецов Артур Владимирович, аспирант 2 года обучения
Владимир, Владимирский государственный университет им. Столетовых, радиофизический
Измерение сопротивления изоляции действующих электроустановок УЭЦН с незаземлённой нейтралью
Никитин Олег Рафаилович, д.т.н.
e-mail: Ovod2013@mail.ru стр. 521

Мирошниченко Владислав Юрьевич, 2 курс
Уфа, Башкирский государственный университет, физико-технический институт
Обработка графических результатов АСМ с использованием компьютерных методов на примере биологической клетки
Мусин Айрат Ахматович, к.ф.-м.н.
e-mail: vladislav.miroshnichenko@bk.ru стр. 523

Мягкова Юлия Алексеевна, преподаватель
Великий Новгород, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Новгородский филиал
Моделирование теоретического контраста дефектов структуры с «зашумляющими» факторами
Ткаль Валерий Алексеевич, д.ф.-м.н.
e-mail: juliamiagkova@yandex.ru стр. 524

Нащочин Егор Олегович, 5 курс
Хабаровск, Дальневосточный государственный университет путей сообщения, естественно-научный
Высокотемпературная печь для перетяжки оптических микро - и нановолокон
Доронин Иван Сергеевич, к.ф.-м.н.
e-mail: 1992cm@gmail.com стр. 525

Полянский Дмитрий Александрович, доцент
Владивосток, Дальневосточный федеральный университет, школа естественных наук
Аппаратно-программный комплекс для диагностики параметров EGI
e-mail: rambo192@mail.ru стр. 526

Сизова Екатерина Андреевна, магистрант 1 года обучения
Кемерово, Кемеровский государственный университет, физический
Принцип цифровой фотоколориметрии в дистанционной оптической диагностике
Севостьянов Олег Геннадьевич, к.ф.-м.н.
e-mail: ferrari4242@rambler.ru стр. 527

Терехин Владимир Дмитриевич, 4 курс
Архангельск, Северный (Арктический) федеральный университет, институт естественных наук и биомедицины
Исследование и экспериментальная обработка возможности применения источников альтернативной энергии для обеспечения функционирования оборудования спутниковой связи в условиях Арктики
Лагунов Алексей Юрьевич, к.п.н.
e-mail: v.terehin@narfu.ru стр. 529

Толмачев Данил Алексеевич, 4 курс
Новосибирск, Новосибирский государственный технический университет, физико-технический
Разработка электроники для анализатора атомов CNPA-07 установки ТУМАН-3М
Хильченко Александр Дмитриевич, д.т.н.
e-mail: dtoll@yandex.ru стр. 531

Хохлов Георгий Константинович, аспирант 1 года обучения
Екатеринбург, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, физико-технологический институт
Универсальный экспериментальный комплекс для исследования люминесцентных явлений в твердых телах
Мильман Игорь Игоревич, д.ф.-м.н.
e-mail: gog013@yandex.ru стр. 532

Шараева Анна Вадимовна, доцент
Великий Новгород, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Новгородский филиал
Компьютерная экспресс-диагностика качества и выявление фальсифицированных пищевых продуктов, основанные на регистрации цвета
Ткаль Валерий Алексеевич, д.ф.-м.н.
e-mail: asharaeva@mail.ru стр. 533

Шаталин Роман Андреевич, 5 курс
Нижний Новгород, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, физический
Методы обнаружения нештатного поведения в задачах видеонаблюдения
Овчинников Павел Евгеньевич, к.ф.-м.н.
e-mail: shatalinra@mail.ru стр. 535

Шауро Виталий Павлович, н.с.
Красноярск, Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН
Оптимальное управление квантовыми системами для обработки квантовой информации
e-mail: Shaurkin@hotmail.com стр. 537

Проблемы организации каналов связи автоматизированной энергоэффективной системы управления освещением

Бабушкин Артём Михайлович

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

Никитин Олег Рафаилович, д.т.н.

artxet@mail.ru

Сети электрического освещения являются неотъемлемой частью инженерной инфраструктуры любого населенного пункта. Затраты на освещение в сетях уличного освещения оцениваются около 30% от всех муниципальных затрат на электроэнергию. По приблизительным оценкам [1], количество электроэнергии, идущей в России на цели освещения, составляет около 15% от всего вырабатываемого объема.

Основными направлениями работ по повышению энергоэффективности в освещении являются: разработка источников света с повышенной светоотдачей и реализация современных интеллектуальных технологий управления освещением. Сегодня светодиодные источники света занимают лидирующую позицию в энергосберегающем секторе, которая обусловлена ростом качества и снижением цен светодиодной продукции. В тоже время, при столь активном развитии светодиодного освещения, на рынке наблюдается малое число современных энергоэффективных решений по управлению освещением. Применение автоматизированных систем управления освещением позволит снизить затраты на электроэнергию, техническое обслуживание и ликвидацию аварий. По предварительным подсчетам потенциал энергосбережения составляет порядка 50%.

Проведенный анализ технических решений показал, что для того, чтобы система управления освещением была энергоэффективной, она должна обладать возможностями: адресного управления мощностью каждого светильника; централизованного мониторинга и диспетчерского управления режимами работы; автоматической адресной диагностики исправности приборов освещения [2, 3]. Реализовать данные возможности позволит организация каналов связи с использованием, как проводной связи, так и радиоканала.

Основными проблемами организации каналов связи по проводным линиям для широко распространенных протоколов передачи данных, являются: затухание сигнала на длинных линиях (ШИМ, X10), односторонняя передача данных (DMX-512), высокая стоимость приемопередающих устройств (PLC, DALI), невозможно регулировать мощность светодиодных светильников (ФИУ) и т.д. А в случае организации каналов связи по линиям силовой электрической сети (PLC) присутствует высокий уровень шума, высокое затухание высокочастотных сигналов, а также существенные неравномерности частотной характеристики затухания и спектра шума, что ограничивает количество источников света в линии, поэтому требуются ретрансляторы. Главным недостатком проводных линий связи является прокладка дополнительного кабеля для передачи данных, которая требует больших затрат времени и значительные капиталовложения. Тем не менее, от применения систем управления освещением на основе проводной связи очевиден экономический эффект – сокращение энергопотребления, в среднем, составляет 30%.

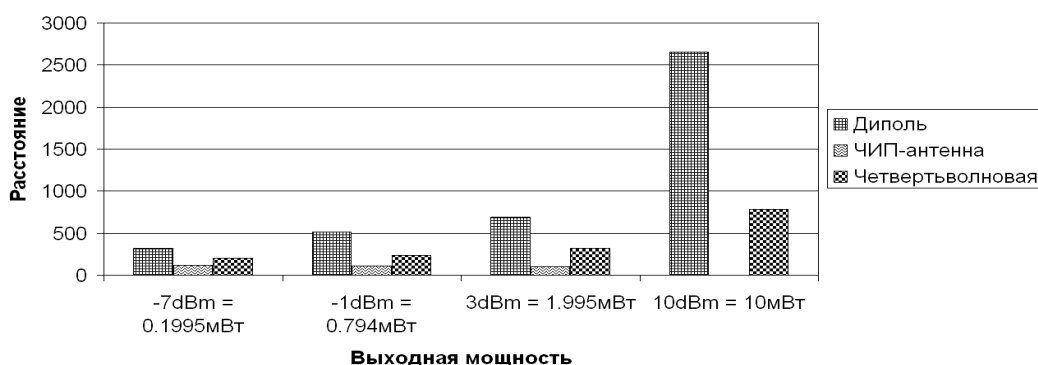


рис. 1. Максимальные расстояния между трансиверами при уверенном приеме данных.

Беспроводная передача данных лишена недостатков проводных линий связи, но подвержена точечным помехам. Первоначально это обстоятельство препятствовало широкому распространению беспроводной связи. В настоящее время современные цифровые технологии позволяют противостоять подобным воздействиям и обеспечить надежную и бесперебойную связь. В различных реализациях беспроводных каналов связи для систем управления освещением также существуют проблемы: привязка к оператору связи (GSM), плата за трафик (GPRS), малая площадь покрытия (Wi-Fi), малая дальность действия (Bluetooth), топология «точка-точка» и т.д. Технология ZigBee (IEEE 802.15.4-2006) лишена многих вышеприведенных недостатков и ориентирована на приложения, требующие гарантированной безопасной передачи данных при относительно

небольших скоростях и возможности длительной работы сетевых устройств от автономных источников питания. Основная особенность сетей ZigBee является поддержка самоорганизующейся и самовосстанавливающейся ячеистой сетевой топологии с ретрансляцией и маршрутизацией сообщений при малом энергопотреблении. Технология ZigBee обеспечивает простоту развертывания, обслуживания и модернизации сети. Сеть ZigBee работает в безлицензионном диапазоне 2,4 ГГц и не требует в России получение разрешения.

С целью исследования возможностей ячеистой сети для автоматизированной энергоэффективной системы управления освещением была развернута сеть, построенная на Zigbee модулях. Для выбора оптимального решения был проведен ряд испытаний, результаты которых позволили оценить влияние сети Wi-Fi на работу ZigBee сети, выбрать мощность ZigBee модуля и антенны, определить расстояние между опорами источников света для оптимальной освещенности, оценить надежность ячеистой сети и энергопотребление.

Результаты измерений расстояния при отсутствии ошибок приема данных в зависимости от примененной антенны приведены на *рис. 1*. При испытаниях модули размещались в прямой видимости друг от друга. Эксперимент показал, что маломощные модули со штыревой четвертьволновой антенной обеспечивают надежную передачу данных между трансиверами с расстоянием около 100 метров. Также полученные результаты показали высокую надежность сети даже при наличии работающего Wi-Fi, а влияние его можно существенно уменьшить, если принудительно выбрать частотные каналы, которые не пересекаются с рабочими полосами Wi-Fi. Статистика надежности и скорости передачи пакетов формировалась на основе более 100000 прошедших через сеть пакетов. Надежность доставки пакетов составила 99,89%, среднее время доставки пакета – 25,4 мс. Энергопотребление узлов сети играет не последнюю роль в энергоэффективных системах. Результаты экспериментов показали, что энергопотребление отправки одного пакета данных приблизительно составило 63мкА·ч, что позволяет характеризовать энергопотребление трансивера как высокоэффективное.

Таким образом, автоматизированная энергоэффективная система управления освещением, на основе высоконадежных ячеистых сетях ZigBee, позволит снизить затраты на электроэнергию, техническое обслуживание и ликвидацию аварий.

Список публикаций:

- [1] Федорищев А. Ю. Концептуальные вопросы развития наружного освещения городов // *Энергосбережение*. -2008. -№ 4. С. 4-8.
- [2] Сапронов А.А., Никуличев А.Ю. и др. Принципы построения эффективных систем управления уличным освещением // *Изв. ВУЗов. Электромеханика (спец. выпуск)*. 2008. - С. 135-137.
- [3] *Справочная книга по светотехнике / Под. ред. Ю. Б. Айзенберга. // 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, - 2006. - 972 с.*

Оценка области однородности магнитного поля системы постоянных магнитов

Бушманов Владимир Иванович

Уральский государственный университет путей сообщений

Фишбеин Лев Абрамович, к.ф.-м.н.

Bushmanov.vova@yandex.ru

В рамках пакета FlexPDE с использованием метода конечных элементов получено распределение вектора магнитной индукции поля системы постоянных магнитов цилиндрической формы с концентраторами в виде усеченных конусов. Сделан расчет области однородности.

Для проведения экспериментов по оценке магнитных свойств вещества или процессов его намагничивания в случае необходимости создать однородное магнитное поле поперек образца удобно использовать постоянные магниты, не требующие источников питания и систем охлаждения.

Рассмотрим установку, состоящую из двух постоянных цилиндрических магнитов, намагниченных вдоль оси. Остаточная индукция равна 1.15 Тл [1]. Магниты установлены внутри П-образного стального ярма с относительной магнитной проницаемостью 1000, служащего для замыкания магнитного потока. К основаниям магнитов приклеены конусообразные полюсные наконечники из стали, позволяющие осуществлять концентрацию магнитного потока. Для изменения ширины зазора используются стальные прокладки между постоянным магнитом и ярмом (*рис. 1*).

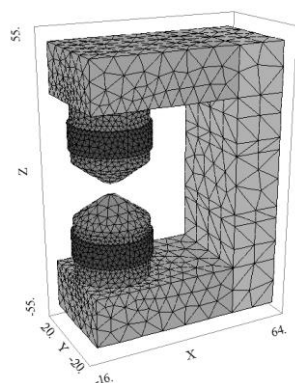


рис.1. Система двух цилиндрических магнитов с конусными наконечниками

Высота установки (ярма) – 110 мм, длина – 80 мм, ширина – 40 мм, толщина – 20 мм. Диаметр цилиндрической вкладки – 30 мм, высота – 15 мм, диаметр цилиндрического магнита – 32 мм, высота – 10 мм, диаметр цилиндрического основания концентратора – 30 мм, высота – 2 мм, больший и малый диаметры конусообразных частей концентраторов – 30 мм и 4 мм, высота – 5 мм, рабочее пространство между концентраторами – 4 мм.

Аналитическое решение задачи получения распределения вектора магнитной индукции для такой системы является достаточно громоздким, поэтому использовался численный метод конечных элементов пакета FlexPDE. В рамках метода рассчитывалось уравнение Лапласа для векторного потенциала магнитного поля с нулевыми значениями на границе. Результаты расчета показаны на рис.2 и рис 3.

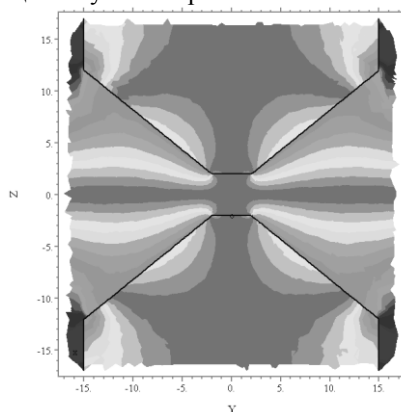


рис.2. Распределение угла отклонения вектора магнитной индукции от вертикального направления в плоскости YOZ, проходящей через центральную точку рабочей области (0,0,0)

Темная крестообразная область в середине рис.2 – минимальное отклонение в пределах 5° . Вращая указанный рисунок вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину, получаем трехмерную фигуру области минимального отклонения по углу.

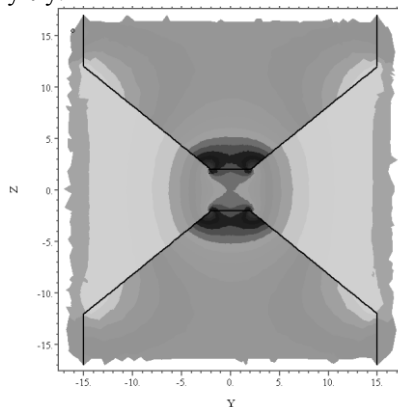


рис.3 Распределение значения z компоненты вектора магнитной индукции в плоскости YOZ, проходящей через центральную точку рабочей области. Значение компоненты в центре примерно 1.4 Тл.

Темная конусообразная область в середине рис.3 – минимальное отклонение от значения в центральной точке рабочей области в пределах 5%. Вращая указанный рисунок вокруг вертикальной оси, проходящей через

его середину, получаем трехмерную фигуру области минимального отклонения по величине z проекции вектора магнитной индукции.

Таким образом, область относительной однородности магнитного поля представляет собой сложную трехмерную фигуру, размеры которой на участках, примыкающих к концентраторам для данных параметров установки, не превышают полутора миллиметров по вертикали и 4 на 4 миллиметра по горизонтали. Очевидно, что изменение геометрических и физических характеристики установки, в рамках определенных значений, при таком подходе позволяет подобрать необходимые условия однородности в рабочей области.

Список публикаций:

[1] Альтман А. Б., Герберг А. Н., Гладышев П. А. и др *Постоянные магниты: Справочник /*; Под ред. Ю. М. Пятина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1980. - 488 с., ил.

Количественные критерии оценки эффективности цифровой обработки изображений дефектов структуры монокристаллов

Иванова Татьяна Дмитриевна

Шараева Анна Вадимовна, Мягкова Юлия Алексеевна

Новгородский филиал

Санкт-Петербургского государственного экономического университета

Ткаль Валерий Алексеевич, д.ф.-м.н.

ivanov-c@mail.ru

Идентификация дефектов структуры монокристаллов, качество изображений, эффективность цифровой обработки на практике проводится чисто визуально и в значительной степени зависит от квалификации специалиста, остроты его зрения и опыта. Таким образом, визуальная оценка несет в себе элемент субъективизма. Несколько специалистов, анализируя один и тот же контраст, могут по-разному его интерпретировать, а в случае дефектов – не правильно их идентифицировать. Проблемы могут возникнуть при выборе метода цифровой обработки и оценки ее результатов, при выборе оптимального вейвлет-базиса. Различные цифровые методы обработки и вейвлет-базисы могут давать близкие по качеству, но неразличимые визуально, обработанные изображения, и реально содержать при этом различия, связанные с регистрацией «тонких» особенностей экспериментального контраста. На практике цифровые методы используются для устранения зашумляющих контраст факторов – сильной фоновой неоднородности и зернистости и повышения качества экспериментального контраста.

Для уменьшения влияния субъективного фактора необходимо выбрать простые количественные критерии [1]. Давая оценку качества, мы сравниваем обработанное изображение с оригиналом или тестовым объектом, в качестве которого могут быть взяты теоретические изображения дефектов структуры.

В данной работе рассматривается ряд объективных методик измерения качества изображений: среднеквадратичное отклонение (MSE), пиковое отношение сигнала к шуму (PSNR), показатель структурного сходства (SSIM) и анализ яркостных характеристик. Чем меньше значение MSE, тем ближе по качеству сравниваемые изображения.

Величина PSNR варьируется в пределах от 20 до 40 и, чем ближе обработанное изображение к оригинальному, тем выше значение данной метрики, однако высокое значение PSNR не дает гарантии, что человеку восстановленное цифровой обработкой изображение покажется качественным.

Показатель структурного сходства SSIM (англ. structural similarity index) была разработана как замена метрик MSE и PSNR, не учитывающих особенности человеческого восприятия. Расчет SSIM, в отличие от MSE и PSNR, основан не на попиксельном сравнении изображений, а на сравнении блоков пикселей определенного размера, как правило, блоки размером 8×8 пикселей. Сравнение происходит по трем компонентам сходности – по яркости; по контрасту; структурному сходству. В ходе проведенных исследований установлено, что метрика SSIM является более перспективной по сравнению с PSNR и MSE. Причиной тому служит особенность самой метрики SSIM, при расчете которой учитываются яркостные, контрастные и структурные особенности сравниваемых изображений.

Недостатком всех перечисленных выше методик является необходимость проведения различных по сложности вычислений, что снижает их экспрессность.

С точки зрения простоты и большей экспрессности перспективен другой подход количественной оценки качества цифровой обработки, основанный на анализе яркостных характеристик анализируемого контраста: построении яркостных характеристик (ЯХ), профилей интенсивности (ПИ), нулевого и не нулевого разностного

контраста (РК) [1, 5]. ЯХ показывают количество точек, имеющих определенное значение интенсивности в градациях серого цвета от 0 до 255 (для 8-битного формата). ПИ характеризуют изменение интенсивности в выбранном направлении. Если изображения абсолютно одинаковые, то получаем нулевой РК, представляющий собой однородный фон. ПИ в этом случае имеют вид прямых горизонтальных линий, а ЯХ представляют собой узкие вертикальные полосы. Если в сравниваемых изображениях имеются даже не видимые визуально отличия, то РК получается не нулевым, и ЯХ позволяют надежно зарегистрировать эти отличия.

Проверка данной методики была проведена на примере зашумленных теоретических контрастов микродефектов различного типа, винтовой и краевой дислокаций, подвергнутых восстановлению с помощью дискретного вейвлет-анализа вейвлетами Симлета с масштабом функции 8 (sym8) и вейвлета Мейера (dmeu). Зашумление теоретического контраста проводилось по методике, описанной в работе [2]. Полученные после восстановления изображения хорошо соответствуют их не зашумлённым аналогам: сохраняются все особенности и детали контраста. Вейвлет-обработка практически не привносит искажений в НЧ детали изображений и может быть использована для устранения зашумляющих факторов.

Визуально результат восстановления контраста для обоих вейвлет-базисов был не различим. Не различимы были и РК, построенные для двух изображений «sym 8–исходное» и «dmeu–исходное», а РК «sym 8–dmeu» был не нулевым, что говорило о том, что результат восстановления был различен. Лучшее восстановление достигалось при использовании вейвлета Симлета, для которого максимум ЯХ был ближе к максимуму ЯХ для нулевого РК «исходное–исходное».

Рассмотренный подход был применен для оценки эффективности восстановления экспериментального топографического контраста вейвлетами Симлета с масштабом функции 8 (sym8) и вейвлета Мейера (dmeu). И в этом случае для экспериментального контраста был получен аналогичный результат: максимум ЯХ в случае обработки топограммы вейвлетом sym 8 был выше, чем для вейвлет-базиса dmeu, а РК контраст «sym 8–dmeu» не являлся нулевым. Следовательно, и для экспериментального контраста мы получили результат, аналогичный тестовым изображениям.

Данная методика была успешно апробирована на поляризационно-оптических изображениях дефектов структуры различных монокристаллов, для сравнения эффективности различных цифровых методов и изображений, представленных в 8-, 16- и 32-битном формате и т.д.

Работа выполнена в Совместной с ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН научно-учебной лаборатории «Компьютерные технологии в дифракционной диагностике материалов» НФ СПбГУ при поддержке РФФИ, грант № 12-02-00201.

Список публикаций:

[1] Ткаль В.А., Окунев А.О., Жуковская И.А. Яркостный и частотный анализ изображений дефектов структуры. LAP LAMBERT Academic Publishing Germany. 385 с. (2012),

[2] Ткаль В.А., Данильчук Л.Н., Дзюба И.В. Моделирование теоретического контраста дефектов структуры различного типа с «зашумляющими» факторами. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. № 10. С. 59–65. (2009).

Экспериментальная оценка потенциальной точности DGPS позиционирования в условиях геофизической обсерватории

Илюхин Александр Александрович¹

¹Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

²Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

Конешов Вячеслав Николаевич², д.т.н.

vlsuiluxin@mail.ru

При написании тезиса обязательно включите в MS Word отображение скрытых символов На сегодняшний день одним из интересных и малоизученных факторов, определяющих вариации земной коры и создающих возможность перемещения водных растворов, паров и газов, является постоянное изменение приливной волны в литосфере. В результате влияния силы притяжения луны, на Земле возникают две выпуклости и две впадины, которые на протяжении периода превышающего сутки, обходят земной шар с востока на запад, следуя одна за другой. Выпуклости создаются во всех оболочках земной коры: атмосфере, гидросфере и литосфере (рис.1). Установлено, что наибольшие приливы бывают в периоды, когда Луна находится в перигее и, когда Солнце и Луна находятся с одной стороны Земли (притяжения складываются). Приливы и отливы в атмосфере изучены мало. Они обнаружены по существу сравнительно недавно, после запуска искусственных спутников земли. Приливные движения земной коры также еще только начинают

изучаться. Имеющиеся сведения показывают, что в результате движения приливной волны в земной коре, каждое ее место на протяжении более шести часов испытывает подъем, а затем на таком же отрезке времени опускание. Продолжительность полного суточного цикла подъемов и опусканий, также как приливов и отливов, превышает период обращения Земли на 50 мин, поскольку за каждые сутки Луна уходит на восток на 13°.

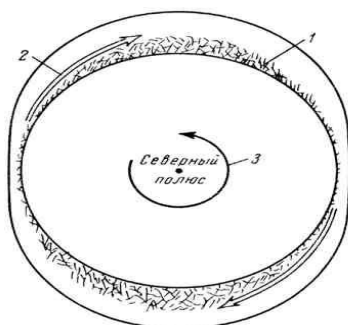


рис.1. Схема перемещения растворов по дренажной оболочке под влиянием движения приливной волны литосферы

Для более детального изучения и регистрации приливных движений земной коры с применением спутниковых навигационных измерений решено произвести экспериментальную оценку потенциальной точности DGPS позиционирования.

Для оценки потенциальной точности метода *DGPS* позиционирования проведены опытные полевые работы в условиях геофизической обсерватории Владимирского государственного университета имени А. Г. и Н.Г. Столетовых. Основное внимание обращено на такие характеристики навигационных систем, как точность определения навигационных параметров и времени, доступность, целостность, непрерывность обслуживания. Для оценки дифференциального режима был собран комплекс, как показано на рис.2, состоящий из базовой и стационарной станций. Базовая станция размещена на полигоне, координаты которого, известны с геодезической точностью, а стационарный *GPS* приемник *Javad Predo T* размещен на расстоянии примерно 200 км в условиях геофизической обсерватории ВлГУ.

Данные с навигационных спутников записывались на персональный компьютер базовой и стационарной станций в течение 21 часа. Поток данных с *GPS* приемника передаваемый по стыку *RS-232* на компьютер, представляет собой последовательность [1] периодически повторяющихся групп сообщений, в которых содержится информация о текущем времени, оценки параметров принятого сигнала, вычисленные контроллером приемника координаты фазового центра антенны. Вся принятая информация записывалась в бинарный файл *JPS* формата (*JPS*-файл). Расшифровка и обработка данных о дифференциальном режиме производилась в стационарных условиях при помощи специализированной программы.

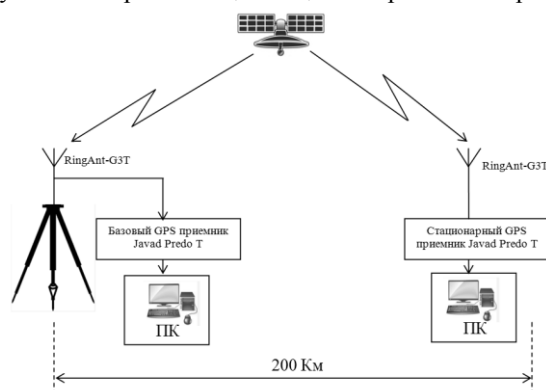


рис.2. Схема размещения базовой и стационарной станций

Целью обработки фазовых спутниковых измерений являлось определение в дифференциальном режиме координат стационарной станции *E (Rover)*, используя измерения базовой станции *D (Base)*.

На первом этапе обработки были определены в стандартном режиме координаты станции *D* с помощью кодовых измерений. Для этого были обработаны все кодовые измерения, записанные в течение указанного интервала времени. При этом для высокоточного определения координат навигационных спутников использовались данные международного сервиса *IGS*. Приведем вычисленные координаты базы *D* в системе координат *WGS-84*:

$$\varphi=55^{\circ}51'28.4071'' \quad \lambda=37^{\circ}58'32.7480'' \quad h=177.267\text{m}$$

На следующем этапе были вычислены в дифференциальном режиме координаты базы *E*. При этом, в программе использовалась информация о неподвижности спутникового приемника *E*. Приведем вычисленные координаты базы *E*:

$$\varphi=56^{\circ}10'53.3702'' \quad \lambda=40^{\circ}51'53.0504'' \quad h=119.901\text{m}$$

Важным фактором в проделанном эксперименте является оценка потенциальной точности параметра *h* навигационных решений. Согласно предварительно обработанным значениям высоты станции *E*, точность определения относительных координат в дифференциальном режиме по фазовым измерениям составила $\pm 0,002$ м.

По результатам выполненных измерений очевидно преимущество использования *DGPS* системы для цели регистрации суточных вариаций положения земной коры. Возможно более детальное уточнение выше полученной точности измерений после камеральной постобработки.

Список публикаций:

[1] Илюхин А.А., Конешов В.Н. Оценка эффективности метода *DGPS* позиционирования в условиях геофизической обсерватории // Перспективные технологии в средствах передачи информации: Материалы 10-й международной научно-технической конференции. – Владимир, 2013. – С. 130-132. – ISBN 978-5-905527-07-4.

Измерение сопротивления изоляции действующих электроустановок УЭЦН с незаземлённой нейтралью

Кузнецов Артур Владимирович

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

Никитин Олег Рафаилович, д.т.н.

Ovod2013@mail.ru

Одним из методов добычи нефти является откачка нефтесодержащей жидкости из скважин с помощью погружных установок электроцентробежных насосов (УЭЦН). Для привода погружных насосов применяются погружные электродвигатели (ПЭД). Питание ПЭД осуществляется трёхфазным напряжением, подаваемым по погружному кабелю, подключённому к вторичной обмотке трансформатора, например, ТМПН – трансформатор масляный повышающий напряжения. Первичная обмотка трансформатора питается от силовой сети с помощью станций управления (СУ) различных типов. Для управления всеми функциями СУ служит один или несколько контроллеров. Общим свойством для всех СУ является управление работой ПЭД и защита от нештатных режимов работы. Одна из функций СУ – измерение сопротивления изоляции линии «вторичная обмотка ТМПН – кабель погружной – обмотка ПЭД», выполненной с изолированной нейтралью.

От момента снижения сопротивления изоляции ниже допустимого уровня до разрушения оборудования либо возникновения пожара может пройти несколько секунд, поэтому СУ должна немедленно отключить питание установки по факту регистрации низкого сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции силовой линии питания ПЭД является одним из важных измеряемых параметров СУ, требующих непрерывного контроля. Для выполнения этой функции в составе СУ есть устройство контроля изоляции (УКИ). УКИ может быть выполнено в виде отдельного устройства или быть интегрировано в контроллер СУ. УКИ для контроля изоляции подключается к «0» звезды вторичной обмотки ТМПН.

Для контроля состояния и работы УЭЦН в её состав могут быть включены датчики температуры, давления, вибрации, расхода и т.д., сигналы которых обрабатываются блоком погружным телеметрической системы (ТМС). Погружной блок ТМС (БП), как правило, пристыковывается к ПЭД в нижней части и подключается к «0» звезды обмотки ПЭД для передачи данных по силовому кабелю на блок наземный ТМС (БН), устанавливаемый внутри СУ и подключаемый к «0» звезды вторичной обмотки ТМПН. При установке в СУ БН ТМС, функции контроля сопротивления изоляции переходят к этому блоку, который в свою очередь передаёт данные о сопротивлении изоляции и данные датчиков от БП в контроллер по интерфейсам RS485 или RS232.

В соответствии с техническими требованиями потребителей погрешность измерения сопротивления изоляции не должна превышать $\pm 5\%$ в первом диапазоне от 10 до 999 кОм и $\pm 10\%$ во втором диапазоне от 1000 кОм до 9999 кОм. Дискретность измерения сопротивления изоляции должна быть 1 кОм.

Повреждение изоляции одной из жил погрузочного кабеля приводит к увеличению переменного напряжения в точке измерения сопротивления изоляции и при коротком замыкании на «землю» может достигать 2000 В, что является помехой при измерении сопротивления изоляции.

Необходимо отметить, что замыкание одной фазы на «землю» не влияет на работу ПЭД и, соответственно, насоса, установка продолжает качать нефть из скважины. После останова УЭЦН по низкому сопротивлению изоляции потребители идут на риск, нарушают собственный регламент по эксплуатации оборудования скважины, отключают защиту по этому параметру и запускают скважину в работу. Отключение защиты производилось отключением провода от «0» ТМПН СУ моделей ШГС, которые не имели других способов оперативного отключения защиты. В этом случае на вход УКИ не попадало высокое напряжение с «0» ТМПН и не требовалось специальных устройств защиты, максимальное напряжение на этом входе ограничивалось величиной 100 В согласно паспорту на УКИ. В последующих моделях СУ, имеющих в своём составе микроконтроллеры, по негласному требованию заказчиков, отключение данной защиты ввели в программу управления. Это приводит к тому, что при работе УЭЦН с отключённой защитой по сопротивлению изоляции высокое напряжение до 2000 В продолжает поступать на вход УКИ продолжительное время.

Основными направлениями работ по разработке устройств контроля изоляции является уменьшение времени и погрешности измерения, увеличение помехозащищённости и надёжности работы УКИ.

Проведённые эксперименты показали несоответствие требованиям по погрешности измерения сопротивления изоляции выпускаемых ТМС и СУ. В большинстве случаев наблюдается увеличенная погрешность измерения во втором диапазоне, достигающая в среднем 25%. Результаты экспериментов приведены на рис. 1.

Риз задано кОм	ЗАО "Электон"						ИРЗ		ООО "Орион"			
	ТМСН № 34	Погр. %	ТМСН 2 № 18208	Погр. %	ТМСН 3 № 23835	Погр. %	БН ИРЗ №84345	Погр. %	БН Орион № 494	Погр. %	СУ Орион-160	Погр. %
46,2	42,0	9,1	49,0	6,1	50,0	8,2	45,0	2,6	43,0	6,9	58,0	25,5
139,0	140,0	0,7	146,0	5,0	151,0	8,6	138,0	0,7	129,0	7,2	153,0	10,1
231,0	240,0	3,9	243,0	5,2	251,0	8,7	231,0	0,0	218,0	5,6	242,0	4,8
370,0	392,0	5,9	386,0	4,3	402,0	8,6	371,0	0,3	353,0	4,6	378,0	2,2
1720,0	1969,0	14,5	1700,0	1,2	1866,0	8,5	1732,0	0,7	2032,0	18,1	1656,0	3,7
4440,0	5970,0	34,5	3838,0	13,6	4656,0	4,9	9999,0	125,2	8747,0	97,0	3857,0	13,1
5800,0	8541,0	47,3	4790,0	17,4	6046,0	4,2	9999,0		9999,0	72,4	4856,0	16,3
7100,0	9970,0	40,4	5572,0	21,5	7330,0	3,2	9999,0		9999,0		5767,0	18,8
9750,0	9999,0	2,6	7009,0	28,1	9999,0	2,6	9999,0		9999,0		7397,0	24,1
9820,0	9999,0		7056,0	28,1	9999,0		9999,0		9999,0		7397,0	24,7
9900,0	9999,0		7061,0	28,7	9999,0		9999,0		9999,0		7397,0	25,3

рис. 1. Погрешность измерения сопротивления изоляции.

Проведённый анализ технических решений УКИ показал, что повышенная погрешность измерения во втором диапазоне связана с тем, что входной ток операционных усилителей (ОУ), применяемых в качестве входных каскадов фильтрации сигнала с датчика тока утечки через сопротивление изоляции, сопоставим с током через этот датчик, выполненный, как правило, на резисторе. Данная проблема решается применением инструментальных ОУ с низкими входными токами. Сигнал с выхода фильтра на ОУ подаётся на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) контроллера для преобразования в цифровой код для дальнейшей обработки. Необходимо отметить, что функция напряжения на датчике от сопротивления изоляции нелинейная, что приводит к невозможности обеспечения дискретности измерения 1 кОм по требованиям заказчиков. Для решения данной проблемы предлагается применить после входного фильтра усилитель, например, в 10 раз, и напряжение усиленного сигнала подать на второй вход АЦП контроллера. Данное решение позволяет выполнить требования заказчиков в части точности и дискретности измерения сопротивления изоляции.

Проблема помехозащищённости от воздействия высокого напряжения на входе УКИ в СУ, как правило, решается с помощью R-C фильтра на входе. Недостатком данного решения является большое выделение тепла на резисторах фильтра, исчисляемое десятками ватт и, соответственно, необходимость применения мощных резисторов и обеспечение их охлаждения. Более совершенное решение – применение L-C фильтра, как правило, применяемого в блоках наземных ТМС. Недостаток данного решения, выражающийся в более высокой стоимости дросселя относительно стоимости резисторов, компенсируется использованием этого фильтра в цепи питания и приёма данных от погрузочного блока ТМС.

Время цикла измерения сопротивления изоляции определяется скоростью преобразования АЦП и постоянной времени НЧ фильтра и в сумме составляет менее 0.01 секунды, что соответствует требованиям.

Таким образом, предложенное техническое решение УКИ позволит выполнить требования заказчиков в части погрешности и дискретности измерения сопротивления изоляции в заданном диапазоне при высокой помехозащищённости и достаточно малом времени измерения.

Обработка графических результатов АСМ с использованием компьютерных методов на примере биологической клетки

Мирошниченко Владислав Юрьевич

Сельтикова Екатерина Владиславовна

Башкирский государственный университет

Мусин Айрат Ахматович, к.ф.-м.н., Мавлетов Марат Венерович, к.ф.-м.н.

Vladislav.miroshnichenko@bk.ru

Нередко физические эксперименты проходят с использованием высокотехнологичного оборудования, но, несмотря на всю точность таких приборов, результаты их работы нуждаются в компьютерной обработке. Примером такого оборудования может служить атомно-силовой микроскоп (АСМ), результатом работы которого, в частности, является изображение поверхности исследуемого объекта. Для извлечения полезной информации из этих изображений требуется их интерпретация с использованием компьютерных методов. На *рис. 1а* приведено изображение биологической клетки, полученное на АСМ, размер которой составляет порядка 0,7 мкм. Для выделения границ контура цитоплазмы и ядра, а также нахождения их процентного соотношения данное изображение было обработано с применением компьютерных методов.

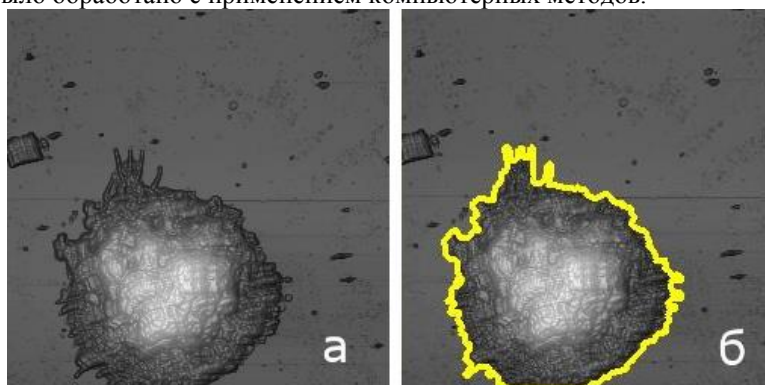


рис. 1. Изображение клетки до и после обработки

При работе с изображением использовался программный метод, суть которого заключается в том, чтобы привести изображение к виду, в котором было бы проще определить границы. В качестве одного из критериев, для определения края, использовался резкий перепад интенсивностей пикселей изображения. Для повышения контрастности изображения использовался метод видоизменения гистограммы. Требовалось визуально повысить качество изображения путем выравнивания гистограммы значений яркостей его элементов. Сначала было реализовано выравнивание отдельно по каждой цветовой составляющей в пространстве RGB. После чего цветное разделение становилось менее градиентным, а это значит, что контур ядра было легче отделить от контура цитоплазмы. Далее вводился параметр бинаризации изображения по цветовому критерию таким образом, чтобы светлая область стала белой, а затемненная черной. В результате обработки изображения, полученного в ходе эксперимента, получены границы двух областей – ядра и цитоплазмы, по которым определены площадь и процентное соотношение составляющих клетки.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки Российской Федерации (11.G34.31.0040).

Список публикаций:

[1] Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. // *Цифровая обработка изображений в среде MATLAB*.

[2] Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я // *Медицинская и биологическая физика 2003*.

Моделирование теоретического контраста дефектов структуры с «зашумляющими» факторами

Мяжкова Юлия Алексеевна

Шараева Анна Вадимовна, Иванова Татьяна Дмитриевна

Новгородский филиал

Санкт-Петербургского государственного экономического университета

Ткаль Валерий Алексеевич, д.ф.-м.н.

juliamiagkova@yandex.ru

Трудности, возникающие на практике при расшифровке экспериментального топографического и поляризационно-оптического контраста, при идентификации дефектов структуры, обусловлены наличием на топограммах и фотоснимках «зашумляющих» факторов – слабой контрастности, фоновой неоднородности и зернистости изображений. Качество анализируемого экспериментального контраста зависит от многих факторов: правильно выбранного метода и геометрии съёмки, экспозиции, регистрирующего фотоматериала и режимов последующей его фотообработки. Для правильной идентификации дефектов структуры и получения необходимой качественной и количественной информации необходимо выявить как можно больше особенностей контраста, формируемого дефектами.

В методе РТБ (рентгеновская топография на основе эффекта Бормана) контраст от дефекта представляется в виде компактного изображения с несколькими лепестками противоположного контраста, получившего название «розетки» интенсивности, форма и количество лепестков которой зависят от типа дефекта и глубины его залегания в объёме монокристалла. На фоне «зашумляющих» факторов, как правило, не выявляются периферийные области «розеток» интенсивности, часть лепестков «розеток» может быть просто не зарегистрирована, а в случае микродефектов в силу соразмерности зерна топографического контраста с реальными размерами изображений дефектов они просто принимаются за естественную зернистость экспериментального контраста. В отличие от топографических изображений для поляризационно-оптических изображений наиболее характерна сильная фоновая неоднородность [1].

Основными способами идентификации дефектов структуры монокристаллов, регистрируемых методами топографии и поляризационно-оптического анализа, являются:

- сопоставление анализируемых экспериментальных изображений с ранее расшифрованными;
- сопоставление экспериментальных изображений с теоретически рассчитанными по модифицированным уравнениям Инденбома-Чамрова [1];
- цифровая обработка экспериментального контраста с целью повышения его качества и устранения «зашумляющих» факторов [2, 3].

Для надёжной идентификации дефектов структуры эффективно применение цифровой обработки, основанной на анализе ярких [2] и частотных [3] характеристик изображений. На сегодня лучшие результаты обработки получены при применении дискретного вейвлет-анализа. Возможности повышения надёжности идентификации дефектов структуры могут быть существенно расширены цифровой обработкой HDR-изображений – изображений с расширенным динамическим диапазоном (32-битный формат) [3].

Анализ результатов цифровой обработки показывает, что в некоторых случаях не удаётся точно определить количественные характеристики дефектов, например, угол, под которым дислокации расположены в кристалле, глубину залегания микродефекта. Эту важную для исследователей информацию можно получить, если применить следующий подход – решить при идентификации дефектов структуры обратную задачу.

При моделировании теоретического контраста точно задаются основные параметры дефектов, включая и их расположение в объёме монокристалла. Если смоделировать основные «зашумляющие» факторы, то, варьируя параметрами моделирования, можно достаточно быстро получить теоретический контраст, максимально приближенный к экспериментальному. Зная заложенные при моделировании параметры, можно надёжно расшифровать экспериментальный контраст и идентифицировать дефекты структуры, включая и их расположение в объёме монокристалла. Сравнение такого изображения с экспериментальным позволяет определить количественные параметры дефектов без применения специальных цифровых методов обработки изображений, хотя последние позволяют дополнительно выявить основные и «тонкие» особенности контраста, формируемого дефектами, и подтверждают правильность проведённого моделирования [2, 3].

Наложение шума основано на использовании функции генерирования чисел случайным образом и его суммирования с исходным, теоретически рассчитанным изображением [3].

Сильное зашумление экспериментальных изображений приводит к визуальной потере их особенностей. Моделируя различную степень зашумления теоретического контраста и далее, проводя цифровую обработку экспериментального и зашумленного теоретического контраста цифровыми методами, основанными как на анализе яркостных, так и частотных характеристик [3], можно надёжно идентифицировать дефект и определить его количественные характеристики. При правильно подобранных параметрах моделирования мы получаем одинаковый результат цифровой обработки.

Используя данный подход удалось для различных монокристаллов определить минимальные расстояния, на которых методом РТБ и поляризационно-оптического анализа возможно разделение близкорасположенных дефектов структуры.

Работа выполнена в Совместной с ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН научно-учебной лаборатории «Компьютерные технологии в дифракционной диагностике материалов» НФ СПбГЭУ при поддержке РФФИ, грант № 12-02-00201.

Список публикаций:

[1] Данильчук Л.Н., Окунев А.О., Ткаль В.А. Рентгеновская дифракционная топография дефектов структуры в кристаллах на основе эффекта Бормана. – Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого. 493 с. (2006).

[2] Данильчук Л.Н., Ткаль В.А., Окунев А.О., Дроздов Ю.А. Цифровая обработка рентгенотопографических и поляризационно-оптических изображений дефектов структуры монокристаллов. – Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого. 227 с. (2004).

[3] Ткаль В.А., Окунев А.О., Жуковская И.А. Яркостный и частотный анализ изображений дефектов структуры. LAP LAMBERT Academic Publishing Germany 385с. (2012).

Высокотемпературная печь для перетяжки оптических микро- и нановолокон

Нащочин Егор Олегович

Бондар Алексей Петрович

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Доронин Иван Сергеевич, к.ф.-м.н.

1992cm@gmail.com

Волоконно-оптические компоненты в последние годы находят все более широкое применение в различных отраслях науки, медицины и техники. Одним из наиболее перспективных направлений является использование оптических микро- и нановолокон. Геометрические размеры таких волокон значительно меньше используемых длин волн излучения, но, несмотря на это, свет распространяется вдоль волокон, что обуславливает их уникальные свойства.

Использование оптических микро- и нановолокон позволяет передавать оптическую мощность из одного волокна в другое без их механического соединения, просто располагая волокна рядом [1]. Это позволяет работать с микроволокнами без использования специализированного дорогостоящего высокоточного оборудования для сварки волокон столь малых геометрических размеров. Так оптический резонатор можно создать простым скручиванием петли из микроволокна, оптический разветвитель – скручиванием двух волокон в одном месте, а интерферометр Маха-Цендера – скручиванием волокон в двух местах [2].

Целью проводимой работы является разработка и изготовление установки для вытяжки оптических микроволокон из стандартных телекоммуникационных одномодовых оптических волокон.

Ключевым элементом разрабатываемой установки является высокотемпературная печь, предназначенная для размягчения исходного оптического волокна и его дальнейшей перетяжки. Разрабатываемая печь должна обеспечивать в области нагрева температуру около 1800 °С.

Нагревательным элементом печи служит молибденовая пластина (1) с отверстием в центре (2), через которое пропускается исходное оптическое волокно (3). Через медные тоководы (4) подается ток, который нагревает пластину (1). Поскольку молибден при требуемых температурах активно окисляется, а также для предотвращения проникновения в оптическое волокно ОН- групп, нагревание необходимо производить в инертной среде. Для этого нагревательная часть печи помещена в кварцевую трубку (5), закрытую с двух сторон стальными пластинами (6). В трубку через штуцер (7) подается аргон, вытесняющий воздух через отверстия в стальных пластинах. Для охлаждения установки, кварцевая трубка (5) помещена в трубку большего диаметра (8). Между трубками (5) и (8) через штуцеры (9) и (10) прокачивается охлаждающая жидкость. Тоководы (4) крепятся к стальной пластине (6) через изоляторы (11).

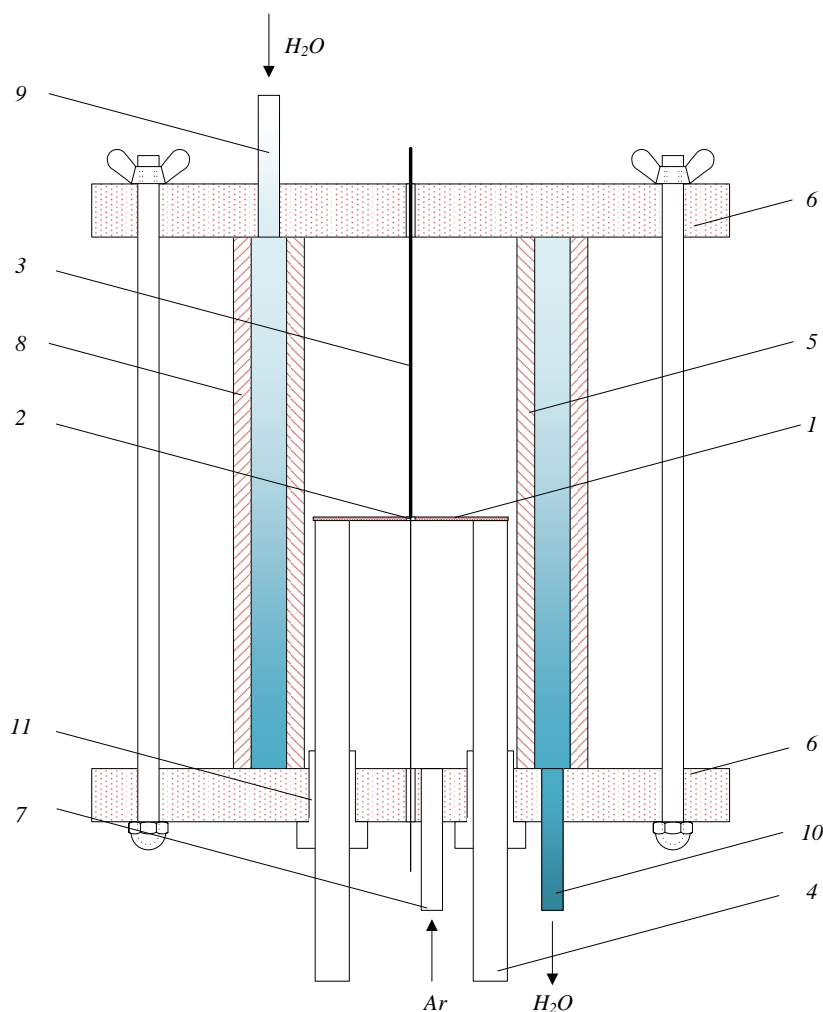


рис.1. Высокотемпературная печь для вытяжки оптических микро- и нановолокон

Разрабатываемая установка позволит производить перетяжку телекоммуникационных оптических волокон с уменьшением диаметра в 10 раз. При многократном повторении процесса перетяжки планируется получение волокон диаметром 300 нм.

Список публикаций:

[1] Tong et al., *Opt. Express* 14, 82 (2006)

[2] Y. H. Li et al., *Opt. Lett.* 33, 303 (2008)

Аппаратно-программный комплекс для диагностики параметров EFI

Полянский Дмитрий Александрович

Пащенко Михаил Сергеевич

Дальневосточный федеральный университет

rambo192@mail.ru

В настоящее время основная масса бензиновых автомобилей оснащена двигателями с системой впрыска топлива с электронным управлением (EFI), которая разделяется на три основные подсистемы: система подачи топлива, система всасывания воздуха и электронная система управления. Подачей топлива в цилиндры управляет электронный управляющий блок (ECU) на основе показаний системы датчиков. Диагностика этой системы с целью выявления неисправностей и оптимизации работы двигателя обычно осуществляется в автосервисах с помощью специальных сканеров, но обычно в неподвижных машинах, а для получения полноценных данных необходимо проверять работу системы датчиков на ходу в разных режимах работы двигателя.

Существует альтернативное решение этой проблемы – сборка диагностической системы в составе ноутбука с установленной на нём диагностической программой ECU-EXPLORER и USB K-LINE адаптера, подключаемого через диагностический разъём OBD к ECU. Данная программа имеет широкие возможности, в частности отслеживать показания датчиков в реальном времени и записывать блоки этих данных за нужный период времени (логи). В описаниях работ с программой которые нам встречались упоминались только про процедуры снятия логов неисправностей. Так же попадались сообщения, в которых упоминалось отсутствие неисправностей согласно записанным логам, так же ошибок не показывали и тесты дилерским сканером в автосервисе, но при этом наблюдались признаки некорректной работы электроники.

Поэтому нами был применён новый метод анализа работы электроники с помощью данной программы - снятие показаний в разных режимах работы двигателя, конвертация полученных данных в MS Excel, построение и анализ графиков.

В работе было произведено тестирование двух автомобилей SUBARU LEGASY с двигателем EJ202. Причиной постановки эксперимента было несвоевременное переключение передач АКПП, повышенный расход топлива и ухудшенная разгонная динамика одного из автомобилей (car_2). Снятие логов неисправностей и проверка сканером в автосервисе не выявили ошибок. Поэтому решено было применить сравнительный анализ с работой электроники «эталонного» автомобиля (car_1), не имеющего аналогичных проблем. Данные снимались в двух режимах – в режиме езды по городу и при разгоне в режиме «кик-даун» о 0 до 80-100 км/ч.

Анализ полученных данных указал на некорректную работу датчика положения дроссельной заслонки на car_2 (рис.1). Его сигнал несёт информацию о нажатии педали акселератора, и при постоянном её положении не должен меняться, как в случае car_1. Так же на ошибочные показания указывает большее максимальное напряжение на выключенном двигателе (рис.2). Нарушения в работе данного датчика приводят к ряду последствий, в частности неправильному и повышенному объёму впрыску топлива в цилиндры и неправильному режиму переключения АКПП.

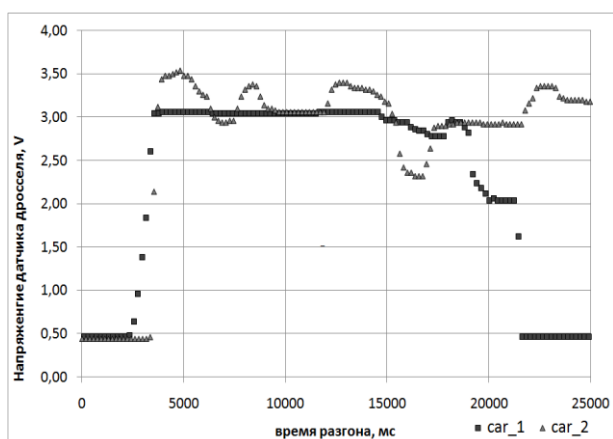


рис.1. Сигнал датчика дросселя (разгон)

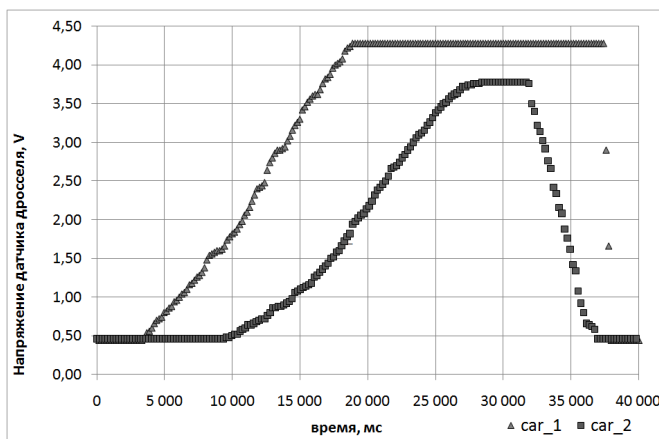


рис.2. Сигнал датчика дросселя (двигатель выключен)

Принцип цифровой фотоколориметрии в дистанционной оптической диагностике

Сизова Екатерина Андреевна

Кемеровский государственный университет

Севостьянов Олег Геннадьевич, к.ф.-м.н.

ferrari4242@rambler.ru

Методы дистанционной оптической диагностики достаточно давно применяются в различных отраслях науки и техники. С их помощью может производиться измерение спектральных характеристик объектов исследования в разных диапазонах длин волн электромагнитного излучения; выполняться параметрический корреляционный анализ; прямо или косвенно могут быть получены данные о линейных размерах, химическом составе, агрегатном состоянии, температуре и др.

В современной стандартной реализации данных методов используется оптический канал, содержащий необходимую оптическую систему, цифровую фото- или видеокамеру и оптические фильтры различного типа и назначения. Получаемые гиперспектральные массивы, проходят дальнейшую обработку программными модулями для построения баз данных спектральных характеристик и сравнительного анализа.

Специализированные оптоэлектронные аппаратно-программные комплексы, построенные на подобных принципах (фактически - мультizonальные мультиплексоры), хотя и обладают иногда выдающимися характеристиками, оказываются очень сложными, дорогими и с трудом поддаются параметрическому масштабированию ввиду конструктивных ограничений. Некоторые из этих недостатков могут быть устранены внедрением в практику подобных исследований алгоритмов и систем цифровой фотоколориметрии, основанной на программной фильтрации данных, получаемых со стандартной ПЗС или КМОП-матрицы с широкополосными фильтрами Байера. При этом следует отчетливо понимать, что в силу третьего постулата Грассмана и теоремы Котельникова (Найквиста-Шеннона), ни аналоговая колориметрия (давно и широко используемая для решения реальных практических задач), ни цифровая фотоколориметрия не подразумевает достижения полного аналога физического процесса мультиспектральной фильтрации. Это самостоятельный метод со своим параметрическим рядом, хотя и вытекающим из аналогичных измерений физических величин (фототок датчика, пропорциональный интенсивности света), но представляемым в специальной форме, которая также позволяет выполнять анализ состояния объекта, имеющего подходящие оптические свойства.

В колориметрии цвет определяется тремя величинами: яркостью, цветовым тоном и насыщенностью. Каждый цветовой тон определяется доминирующей длиной волны, а яркость - радиационными характеристиками данного потока. Насыщенность характеризует степень «чистоты» цвета, наибольшей насыщенностью обладает монохроматический источник. Выделение отдельного тона и регистрация параметра остаточной яркости и является целью колориметрического процесса.

На основании этого представления разработан алгоритм цифровой обработки полноцветных изображений, оперирующий цветовыми координатами моделей RGB и HSV. На языке программирования Python с использованием стандартного модуля colorsys, графической библиотеки PIL, а также библиотеки для создания кроссплатформенного графического интерфейса пользователя wxpython, создано программное обеспечение, реализующее данный алгоритм. Для его апробации на предмет выяснения эффективности программной узкополосной фильтрации, были сделаны цифровые фотоснимки тест-объекта (т.н. "color chart") со "свободным" объективом и через интерференционные светофильтры, имеющие спектральные максимумы пропускания на длинах волн 488 нм и 633 нм.

Исходное изображение было обработано созданной программой с выбором тона, в результате чего в нескольких цветовых тонах была установлена высокая степень соответствия изображений за аналоговыми фильтрами и отфильтрованными полноцветными цифровыми снимками, после приведения их к градациям серого. При этом учитывалось, что спектры пропускания используемых аналоговых интерференционных светофильтров заведомо не являются дельта-функциями и имеют некоторую конечную ширину полосы пропускания, что в цветовом пространстве может соответствовать нескольким цветовым тонам. В ходе дальнейшего программного анализа было обнаружено, что при аналоговой фильтрации в нашей аппаратной базе на формальной несущей 488 нм разброс цветовых тонов содержит 14 значений в диапазоне 216-229, а на формальной несущей 633 нм - 4 цветовых тона в диапазоне значений 0-3. Определено распределение количества пикселей по данным цветовым тонам для каждого изображения (*рис. 1*).

Для выяснения степени соответствия ширин интервалов тоновой фильтрации реальным спектральным интервалам, с помощью спектрофотометра СФ-2000 были измерены спектры пропускания использованных аналоговых светофильтров. Установлено, что для красного фильтра с максимумом 633 нм единственный доминантный тон закрывает полосу пропускания шириной 6-8 нм. Для фильтра с максимумом 488 нм имеется не менее трех доминантных тонов в пределах полуширины тоновой полосы. Соотнесение с полушириной спектрального пика пропускания дает соответствие 2-3 нм на тон в данном спектральном диапазоне. Появление же большого количества низкоинтенсивных тоновых компонент в правой части гистограммы (*рис. 1б*) соответствует цветовому шуму неохлаждаемой матрицы стандартной фотокамеры в синей области спектра. Полученные результаты неслучайно находятся в соответствии с представлениями о физиологии цветового зрения человека, поскольку последняя является отправной точкой для разработчиков фото- и видеотехники общего назначения.

Созданное программное обеспечение позволяет работать с большинством известных на сегодняшний день графических форматов, таких как JPEG, TIFF, BMP, PNG и пр., фотоснимки в которых создаются из данных аппаратного формата RAW по алгоритмам производителей фотокамер или дополнительного ПО. Аналитически значимый контролируемый переход к цветовым координатам от формата типа RAW, содержащего необработанные данные с фотоматрицы, позволит оперировать необходимыми параметрами, не прошедшими процесс дематризации, т.е. получать истинные значения исходного сигнала, что должно значительно упростить алгоритм обработки изображений.

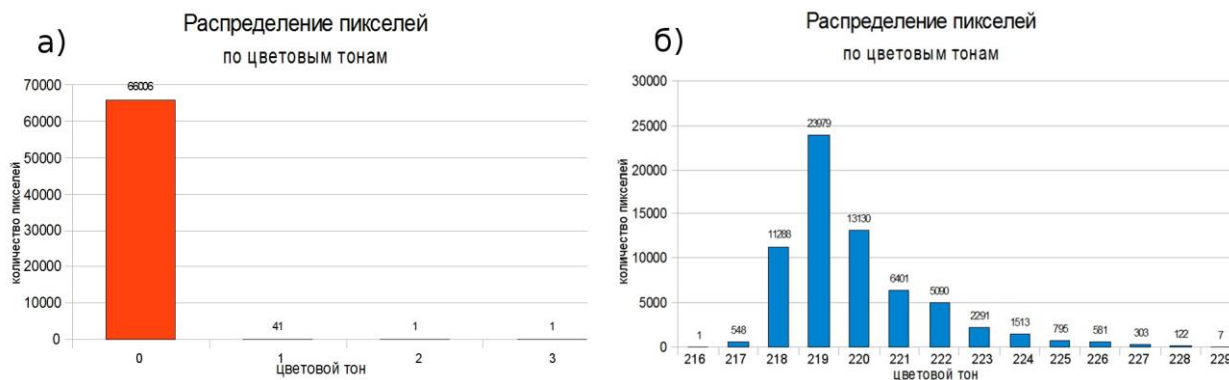


рис. 1. Распределение пикселей по цветовым тонам: а) для изображения с фильтром 633 нм, б) для изображения с фильтром 488 нм.

В таком случае появляется возможность внедрения методов цифровой фотокориметрии в практику экспресс-анализа с временным разрешением, что полезно для развития систем машинного зрения, физической сенсорики, диагностической медицины, систем безопасности следящего типа и других приложений.

Исследование и экспериментальная отработка возможности применения источников альтернативной энергии для обеспечения функционирования оборудования спутниковой связи в условиях Арктики

Терёхин Владимир Дмитриевич

Коробицын Денис Антонович

Северный арктический федеральный университет им. М. В. Ломоносова

Лагунов Алексей Юрьевич, к.п.н.

v.terehin@narfu.ru

В настоящее время в Российской Федерации приоритетным направлением является энергопользование и энергосбережение. Арктика имеет исключительно важное военно-стратегическое значение для России. Длительное время традиционными для Арктической зоны источниками электроэнергии являлись бензиновые и дизельные электрогенераторы. Для их работы необходим регулярный завоз топлива и обслуживание. Кроме того, в результате этой деятельности оказывается значительное негативное влияние на экологию островов Северного Ледовитого Океана: загрязнение выхлопными газами, разливом топлива на поверхность почвы, уничтожение растительного покрова при перевозке топлива, накопление тары (бочек). В качестве альтернативных источников энергии в Арктике чаще всего используются горизонтальные ветрогенераторы, которые разрушаются при резкой перемене ветра, что в Арктике случается очень часто. Мы предлагаем комплексное использование солнечных батарей и вертикального ветрогенератора, часть энергии которых сохраняется в аккумуляторах.

Экспериментальная установка по изучению возможности источников альтернативной энергии установлена на северном острове архипелага Новая Земля – Мыс Желания в национальном парке «Русская Арктика»: 7 ветровой район (давление ветра $0,85/85$ кПа/кгс/м² при высоком уровне пульсаций), 3 район по весу снегового покрова ($S_g = 1,8/180$ кПа/кгс/м²), 3 район по толщине стенки гололеда (20 мм), арктический и субарктический климатические пояса.

Блок-схема исследуемой установки представлена на рис. 1.

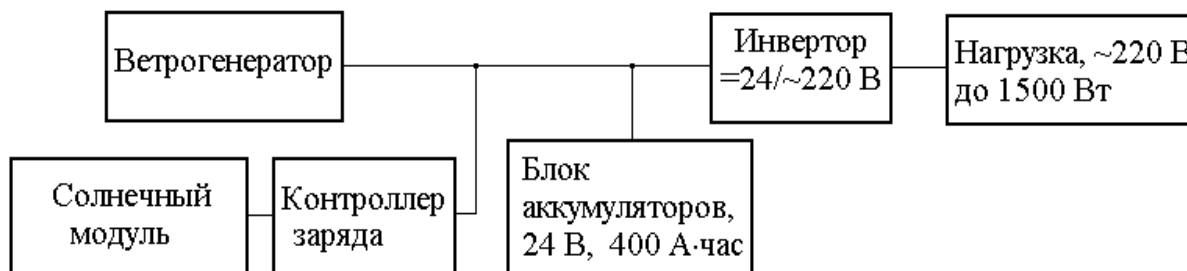


рис. 1. Блок-схема проектируемой установки

В состав энергетического блока входят:

– инвертор MUST EP 3000 2024 мощностью до 2000 Вт.

– 4 необслуживаемых аккумуляторных батареи CHALLENGER G 12-200H с номинальным напряжением 12 В емкостью 200 А·час, соединенных в 2 параллельные ветви по 2 батареи в каждой. В итоге получаем блок аккумуляторов с номинальным напряжением 24 В емкостью 400 А·час.

– ветрогенератор WH200-20-24 ВГ Whisper 200 с контроллером заряда. Заводские установки контроллера (26,8 – 28,8 В) идеальны для работы со свинцовыми аккумуляторами, позволяют подключить выход ветрогенератора непосредственно к аккумуляторам. При напряжении менее 26,8 В начинается зарядка аккумуляторов, при достижении напряжения 28,8 В зарядка прекращается.

– солнечный модуль FSM 300 с максимальной мощностью 300 Вт при напряжении $V_{mp}=36,7$ В и токе $I_{mp}=8,17$ А. Напряжение холостого хода $V_{oc}=45,5$ В, ток короткого замыкания $I_{sc}=8,83$ А. При таких данных непосредственное подключение модуля к аккумуляторам невозможно.

– контроллер заряда Morningstar TS-MPPT-60 следует настроить на выходное напряжение 26,8 – 28,8 В для возможности подключения его выхода непосредственно к аккумуляторам.

При заданной мощности нагрузки можно вычислить ток, потребляемый инвертором MUST EP 3000 2024 от блока аккумуляторов, ветрогенератора и солнечного модуля из выражения: $P_{нар} = U \cdot I \cdot \eta$, где η - КПД инвертора. Отсюда максимальный потребляемый ток $I_{max} = P_{max} / (U \cdot \eta) = 1500 / (24 \cdot 0,95) = 66$ А.

При питании инвертора только от блока аккумуляторов время работы ограничено. Для применяемых аккумуляторов время полного разряда зависит от разрядного тока. По паспортным данным батареи Challenger G12-200H конечное напряжения разряда для емкости 200 А·час составляет 1,75 В на 1 элемент, что составляет $1,75 \cdot 6 = 10,5$ В на батарею. Зависимость времени полного разряда от разрядного тока приводится в таблице.

Время, час	2	3	4	5	8	10	20
Разр. ток, А	67,7	51,5	40,9	34,0	23,1	18,8	10,1

При параллельной работе батарей разрядный ток удваивается. С учетом этого мы можем построить график зависимости времени полного разряда от разрядного тока (входного тока инвертора) для интересующего нас диапазона токов до 100 А. Для малых токов менее 20 А время разряда можно вычислять по простой формуле: $T_{разр}(\text{час}) = \text{Емкость}(\text{А} \cdot \text{час}) / \text{Ток}(\text{А})$. При максимальной мощности нагрузки 1500 Вт аккумуляторы полностью разрядятся за 5,2 ч.

Работающий ветрогенератор позволяет уменьшить потребление тока от аккумуляторов и увеличить время работы до полного разряда батарей. Максимальная мощность ветрогенератора при скорости ветра 11,6 м/с составляет 1000 Вт. Ток генератора при этом:

$$I_{max} = P_{max} / U_{г} = 1000 / 24 \approx 42 \text{ А.}$$

Выводы:

1. Максимальную нагрузку 1500 Вт предложенное оборудование может поддерживать ограниченное время.

– аккумуляторы	5.2 час
– аккумуляторы + ветроген. (5.4 м/с)	6.3 час
– аккумуляторы + солн. модуль (штиль, < 3.1 м/с)	6.2 час
– аккумуляторы + ветроген. (5.4 м/с) + солн. модуль	7.5 час
– аккумуляторы + ветроген. (11.6 м/с)	17 час
– аккумуляторы + ветроген. (11.6 м/с) + солн. модуль	24 час

2. Максимальная мощность нагрузки, при которой не разряжаются аккумуляторы

– аккумуляторы + солн. модуль (штиль, < 3.1 м/с)	185 Вт
– аккумуляторы + ветроген. (5.4 м/с)	207 Вт
– аккумуляторы + ветроген. (5.4 м/с) + солн. модуль	395 Вт
– аккумуляторы + ветроген. (11.6 м/с)	950 Вт
– аккумуляторы + ветроген. (11.6 м/с) + солн. модуль	1140 Вт

Разработка электроники для анализатора атомов CNPA-07 установки ТУМАН-3М

Толмачев Данил Алексеевич

Новосибирский государственный технический университет

Хильченко Александр Дмитриевич, д.т.н.

dtoll@yandex.ru

Анализатор CNPA-07 (Compact Neutral Particle Analyzer) разработанный в ФТИ им. А.Ф. Иоффе (Санкт-Петербург) является прибором диагностики, позволяющим одновременно проводить анализ по массе и энергии потоков атомов водорода с энергией 0.8-80 кэВ и дейтерия, выходящих из плазмы. Попадающие в анализатор нейтральные атомы при прохождении тонкой углеродной пленки "обдираются". Для компенсации рассеяния ионы после обдирки ускоряются электростатическим полем конденсатора, напряжение которого регулируется в диапазоне от 0-6 кВ. Далее ускоренные ионы проходят через магнитное поле обеспеченное двумя постоянными магнитами и попадают в анализирующее электрическое поле конденсатора. Подобный анализ обеспечивает разделение частиц по массе и по энергии в области детекторов.

Разработкой, изготовлением и поставкой электроники для анализатора, способной регистрировать импульсные сигналы, возникающие при попадании ионов на детекторы, отсекал импульсы с малой амплитудой, накапливать данные в цифровой форме для последующей их передачи удаленному компьютеру, управлять источниками питания, которые обеспечивают работу анализатора, занимается ИЯФ им. Г. И. Будкера (Новосибирск).

Согласно техническому заданию требуется регистрировать импульсы:

- 1) С отрицательной полярностью;
- 2) Амплитудой до 200 мВ (на сопротивлении 50 Ом);
- 3) Длительностью 8 нс (ширина импульсов на полувысоте);
- 4) Максимальная частота следования 10 МГц;

Система регистрации должна производить регистрацию числа импульсов, пришедших с 20-ти детекторов в заданном временном окне:

- 1) Длительность одного временного окна 0.1-10 мс (программируется);
- 2) Количество временных окон 1-1000 (программируется);
- 3) Интервал между окнами не более 1 мкс;

Источники питания должны регулироваться от компьютера в указанных диапазонах:

- 1) Для ускорительного модуля: 0 - 6 кВ;
- 2) Для анализатора от -6 кВ до нуля и от нуля до 6 кВ;
- 3) Для детекторов: 2- 2.кВ;

Для управления источниками питания, применяется один из цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) DAC7568, используемых при изготовлении платы. Для контроля формируемых напряжений используются аналогово-цифровые преобразователи (АЦП) ADS1118.

Еще при помощи четырех 8-ми канальных ЦАПа DAC7568 задаются пороги дискриминации на 32-х усилителях ОРА699. Импульс, пришедший на вход усилителя, инвертируется, усиливается в 10 раз, и смещается относительно нуля, на значение задаваемое ЦАПом. Затем полученные сигналы поступают на компараторы AD8564, где сравниваются с землей. Изменяя порог дискриминации, можно отсекал импульсы с низкой амплитудой. Цифровые сигналы с выходов компараторов поступают на входы матрицы EP3C16Q240C8, в которой был реализован цифровой узел, управляющий всей системой регистрации.

Цифровой узел был выполнен на языке описания аппаратуры Verilog и включает в себя:

- 1) Декодер или регистр команд, расшифровывающий команды приходящие от компьютера через микроконтроллер AT918SAV7X512 по SPI соединению;
- 2) Преобразователь импульсов, преобразующий поступающие на вход матрицы импульсы таким образом, чтобы их длительность совпадала с длительностью тактовой частоты, что позволяет избежать ошибочных подсчетов импульсов;

3) Счетчики импульсов, подсчитывающие количество импульсов в каждом временном окне по каждому из каналов;

4) Регистр длительности временных окон, определяющий длительность каждого временного окна;

5) Регистр количества временных окон;

6) Блок работы с АЦП, осуществляющий обмен данными между АЦП и матрицей. В системе регистрации присутствуют два АЦП ADS1118, которые служат для отслеживания пороговых напряжений задаваемых ЦАПами.

7) Блок работы с ЦАП. В анализаторе присутствует 5 12-разрядных 8-ми канальных ЦАПов DAC7568, служащих для управления источниками питания и задания напряжения смещения на усилителях. Эти цифро-аналоговые преобразователи представляют собой устройства с возможностью программирования: заданием режимов работы, шкал, инициализацией. Команды задающие параметры работы ЦАП, формирует блок работы с ЦАП.

При максимальной длительности временного окна (10 мс) , наибольшем количестве временных окон (1000) и максимальной частоте следования импульсов (10 МГц) необходимо зарегистрировать:

$$n = t_{\max} \cdot f_{\max} = 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^6 = 10^5 - \text{импульсов за отсчет}$$

$$N = 32 \cdot 1000 = 32000 - \text{количество отсчетов}$$

По этим параметрам выбиралось запоминающее устройство для накопления данных в цифровой форме. В результате в качестве запоминающего устройства используется три кристалла памяти UT62256SC. Данные кристаллы обладают пятнадцатипяти разрядную шину адреса, что удовлетворяет условию по количеству отсчетов, т.к. $2^{15} = 32768$ отсчетов способен вместить кристалл. Данная память имеет 8-ми разрядную шину данных, что при трех кристаллах дает 24 разряда данных или $2^{24} = 16777216$ импульсов можно подсчитать, а требуется лишь 17-ти разрядный регистр для длительности временных окон при шаге в 0.1 мс, т.к. $2^{17} = 131072 = 1,31072 \cdot 10^5$ импульсов.

В результате реализации цифрового узла, удалось добиться полного отсутствия "мертвого времени" (интервала между временными окнами).

Диагностика плазмы по потокам нейтральных атомов играет важную роль в исследовании управляемого термоядерного синтеза в установках с магнитным удержанием плазмы. Важную же роль в такой диагностике играет создание новых анализаторов и, соответственно, обеспечение их электроникой и программным обеспечением.

Универсальный экспериментальный комплекс для исследования люминесцентных явлений в твердых телах

Хохлов Георгий Константинович

Моисейкин Евгений Витальевич, Хохлов Константин Олегович, Соловьев Сергей Васильевич

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина

Мильман Игорь Игорьевич, д.ф.-м.н.

gog013@yandex.ru

В последнее время, наряду с традиционной термостимулированной люминесценцией (ТЛ), активное развитие получили такие методы регистрации ионизирующих излучений, как радиолюминесценция (РЛ), оптически стимулированная люминесценция (ОСЛ), фототрансферная термолюминесценция (ФТТЛ) и фототермостимулированная люминесценция (ФТСЛ) [1,2]. Исследования, проводимые ведущими лабораториями мира, показали, что есть ряд материалов, которые обладая уникальной электронной структурой, могут использоваться в качестве детекторов излучений, используя перечисленные люминесцентные явления. Для более глубокого и всестороннего изучения свойств таких материалов необходимы дальнейшие комплексные исследования, проводимые в сочетании с изменением в широких диапазонах параметров стимулирующих воздействий и свойств изучаемого объекта. Таким образом, актуальным является разработка и создание универсального экспериментального комплекса для изучения люминесцентных явлений в твердых телах.

Целью работы является разработка и создание универсального экспериментального комплекса, который позволял бы исследовать разные проявления люминесцентных свойств материалов. Важным для этого является возможность реализации различных режимов стимуляции образцов, таких, например, как тепловой, оптической или их комбинации. Основными режимами тепловой стимуляции являются линейный нагрев и поддержание требуемой температуры образца, оптическая стимуляция реализуется в трех режимах: постоянно-волновом (интенсивность стимулирующего света постоянна), линейно-модулированном (интенсивность стимулирующего света линейно нарастает) и импульсном (воздействие стимулирующего света импульсное, люминесценция измеряется между импульсами).

Еще одним важным моментом является выбор устройства детектирования люминесценции. На сегодняшний день наиболее широкое распространение для решения этой задачи получили фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Однако при использовании ФЭУ возникают дополнительные трудности, так, кроме измерительного тракта, необходимого для обработки сигнала с выхода ФЭУ, требуется регулируемый высоковольтный источник напряжения для питания ФЭУ. Все это показывает, что разработка универсального экспериментального комплекса является достаточно сложной технической задачей.

В ходе выполнения работы разработана структурная схема экспериментального комплекса, разработаны и созданы основные структурные блоки комплекса: измерительный аналоговый тракт, обрабатывающий сигнал с ФЭУ, регулируемый блок питания ФЭУ, блок управления источниками оптической стимуляции, блок управления тепловой стимуляцией и микроконтроллерный блок, обеспечивающий сбор информации и связь с персональным компьютером (ПК). Кроме того, было создано программное обеспечение нижнего уровня (для микроконтроллера) и верхнего уровня (для управления экспериментальным комплексом с ПК).

В качестве основного источника оптической стимуляции были выбраны светоизлучающие диоды заданной длины волны, реализована возможность использования до 4х каналов оптической стимуляции (максимальный ток канала – 2 А). Кроме светодиодов возможно использование внешнего источника, подключенного к одному из каналов световодом. Нагревательный элемент для тепловой стимуляции образца представляет собой пластинку из нихрома на которую помещается образец, температура нагрева контролируется термопарой хромель-алюмель, и достигает 900°С.

В настоящее время протестированы все основные блоки экспериментального комплекса, получены их основные характеристики. Проведена предварительная проверка работоспособности комплекса. В дальнейшем планируется измерение характеристик комплекса с использованием стандартных образцов, и проведение экспериментов на реальных объектах.

Список публикаций:

[1] G. Yukihiro, S.W.S. McKeever. *Optically Stimulated Luminescence: Fundamentals and Applications*, John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, UK, 2011. – 362 p.

[2] S.W.S. McKeever. *Optically stimulated Luminescence: A brief overview. Radiation Measurements*, 2011, v.46, P.1336-1341.

[3] L. Botter-Jensen, S.W.S. McKeever, A.G. Whittle. *Optically Stimulated Luminescence Dosimetry*. Elsevier, Amsterdam, 2003, 374 pp.

Компьютерная экспресс-диагностика качества и выявление фальсифицированных пищевых продуктов, основанные на регистрации цвета

Шараева Анна Вадимовна

Иванова Татьяна Дмитриевна, Мягкова Юлия Алексеевна

Новгородский филиал

Санкт-Петербургского государственного экономического университета

Ткаль Валерий Алексеевич, д.ф.-м.н.

asharaeva@mail.ru

Современный потребительский рынок постоянно сталкивается с проблемой выявления фальсифицированной продукции и продукции низкого качества, не соответствующей требованиям нормативно-технической документации. Экспресс-контроль качества пищевых продуктов и сырья на различных этапах технологического процесса является на сегодняшний день для пищевых предприятий, торговых инспекций, научно-исследовательских лабораторий одной из важнейших задач. Одним из возможных показателей качества пищевых продуктов и сырья является их цвет, изменение которого может быть связано с изменением их физико-химических и биологических свойств. Объективное определение изменений цвета возможно при их оцифровке и последующей цифровой обработке полученных изображений. Разработанные и представленные в данной работе цифровые методики основаны на регистрации цветовых характеристик веществ различной

природы и их изменений при воздействии различных внешних факторов. Их применение показало большие возможности для экспресс-оценки качества различных пищевых продуктов и выявления их фальсификации.

Суть предлагаемых методик заключается в следующем. Исследуемые объекты, в качестве которых использовалось мясное сырье и мясная продукция, пиво, вода, вино, помещаются в стеклянные контейнеры, идущего на изготовление ядерных фотопластинок. Далее проводится их оцифровка с помощью профессионального планшетного сканера или цифрового фотоаппарата. Для оцифрованных изображений с помощью специализированных программ, например, «Image-Pro Plus 6.0», строятся разностный контраст (РК), области равного контраста (ОРК), яркостные характеристики (ЯХ) и по выбранным направлениям профили интенсивности (ПИ). По изменениям этих характеристик можно судить о действии на исследуемый объект внешних факторов, вызвавших изменение его цветовых характеристик. Для оценки качества объектов помимо цифровых методик использовались методы органолептического и инструментального контроля. Яркостные характеристики показывают количество точек, имеющих определенное значение интенсивности в градациях серого цвета от 0 до 255 (для 8-битного формата). Профили интенсивности характеризуют изменение интенсивности в выбранном направлении. Эти характеристики строятся для трёх цветовых каналов изображения – красного, зелёного, синего и дают количественную оценку изменениям в исследуемом объекте. При исследовании мяса и мясопродуктов для устранения влияния на цветовые характеристики волокон мышечной, соединительной и жировой тканей изображения подвергаются обработке линейным фильтром – гаусс-размытию (подбирается экспериментально). Для регистрации изменений цвета перспективно построение РК (нулевого и не нулевого) и соответствующих ему ЯХ и ПИ. Разностный контраст дает качественную оценку изменениям цвета и получается вычитанием сравниваемых изображений. Если изображения абсолютно одинаковые, то получаем нулевой РК, представляющий собой однородный фон. Профили интенсивности в этом случае имеют вид прямых горизонтальных линий, а яркостные характеристики представляют собой узкие вертикальные полосы. Если внешние факторы вызвали даже не видимые визуально изменения в исследуемом объекте, то РК получается не нулевым, и ЯХ и ПИ позволяют надежно зарегистрировать эти изменения.

С помощью разработанных методик, основанных на регистрации изменений цвета, проводилось сравнение говядины и свинины разных производителей. При визуальном осмотре исследуемые образцы воспринимались по цвету практически одинаковыми, однако цифровая обработка надёжно фиксировала отличия их цветовых характеристик. Используя данный подход для экспресс-контроля мясного сырья, можно создать атласы изображений и цветовых характеристик мяса различных частей туши разных производителей и видов, по которым можно легко и быстро оценить качество поступившего на предприятие сырья, в том числе и мясо с признаками PSE и DFD, а также принять решение по его дальнейшему использованию для производства определённого вида продукции. Цифровая обработка позволила надёжно зафиксировать изменение цветовых характеристик образцов мяса в процессе хранения, неоднократного замораживания и последующего размораживания.

Цифровой обработкой было проведено сравнение по цветовым характеристикам колбас, произведенных по одному ГОСТ, но разными производителями. Цифровые методики позволили выявить различия колбасных изделий друг от друга по цвету, а также скоростям изменения их ЯХ в процессе хранения при различных условиях. Эксперименты показали сильную зависимость скорости изменения цветовых характеристик от условий хранения продукции. Таким образом, зная, как должны изменяться при оптимальных условиях ЯХ для данного вида продукции (согласно ГОСТ), можно определить, соблюдались ли условия их хранения торговой организацией.

Цифровая обработка была применена для визуализации процесса посола мяса. Предложены четыре экспресс-методики визуализации процесса посола мяса цыплят-бройлеров смесью соль-перец-чеснок и определения его количественных характеристик: скорости и глубины проникновения в мясо как смеси, так и отдельно каждой из ее компонент.

Рассмотренный выше подход был применен также для экспресс-контроля качества воды, прошедшей очистку на водоочистительных станциях. Получена хорошая корреляция экспериментальных данных, основанных на регистрации цвета воды и его изменения, с физико-химическими параметрами проб воды по сертифицированным методикам. Предложена простая в реализации методика экспресс-оценки соответствия очищенной воды нормам СанПин.

Цифровые методики показали перспективность диагностики качества пива, исследования процесса его старения, регистрации изменения его цвета при различных внешних воздействиях и идентификации находящихся в пиве частиц без применения специальных красителей. Разработанные методики позволяют экспрессно и надёжно сравнивать пиво различных производителей и его фальсификацию.

Одной из важнейших характеристик вина, помимо органолептических, является его цвет. Вино относится к продукции, которая часто подвергается фальсификации. Для оперативного выявления фальсифицированной винной продукции и изъятия ее с рынка нужны простые и доступные для широкого круга

специалистов экспресс-методы. Применение рассмотренных выше цифровых методик позволяет использовать их как для этой цели, так и для сравнения вина различных производителей. Предложенными методиками надежно выявляются такие виды фальсификации вин, как разбавление или галлизация, добавление избытка сульфита и использование некачественного вина, подвергнувшегося избыточному нагреву.

Таким образом, полученные в данной работе научные и практические результаты свидетельствуют о перспективности использования разработанных цифровых методик, основанных на регистрации цвета и его изменения, для контроля качества и безопасности различных пищевых продуктов, выявления фальсификации, а также для исследования процессов, протекающих при их производстве и хранении.

Работа выполнена в Совместной с ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН научно-учебной лаборатории «Компьютерные технологии в дифракционной диагностике материалов» НФ СПбГЭУ при поддержке РФФИ, грант № 12-02-00201.

Список публикаций:

[1] *Цифровые методы экспресс-диагностики качества пищевых продуктов и визуализации процесса посола мяса: монография* / В.А. Ткаль, А.О. Окунев, А.В. Шараева. Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого. 316 с. (2008) с.

[2] Ткаль В.А., Шараева А.В., Жуковская И.А. *Компьютерная диагностика качества. LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany. 285с. (2012).*

Методы обнаружения нештатного поведения в задачах видеонаблюдения

Шаталин Роман Андреевич

Нижегородский национальный исследовательский университет имени Н.И. Лобачевского

Овчинников Павел Евгеньевич, к.ф.-м.н.

shatalinra@mail.ru

Видеонаблюдение приобретает все большее значение в нашей повседневной жизни, предоставляя важную информацию для сохранения безопасности, как в общественных местах, так и на частных территориях. Современные системы видеонаблюдения позволяют вывести на монитор данные с нескольких камер, записать и просмотреть их в случае необходимости. Из этого следует, что такие системы создают огромный поток данных, хотя в реальности потенциально опасные ситуации возникают достаточно редко. Более того, человек оказывается неспособен удерживать внимание на видеокдрах, где многие события являются обыденными и повторяющимися, что в свою очередь снижает шанс обнаружения нештатных ситуаций. Эту ситуацию можно исправить, если сосредотачивать внимание оператора только на существенных изменениях в сцене и необычном поведении людей. Основными требованиями к таким системам являются обязательное срабатывание на нештатные ситуации, минимальное количество ложных срабатываний и работа в реальном времени. В данной области ведутся исследования и существует целый ряд проблем, которые еще не были до конца решены.

В данной работе предложена и реализована система, создающая на основе образцов модель нормального поведения и определяющая аномальность текущего поведения. Для каждого кадра видеопоследовательности система формирует вектор характеристик движения следующим образом. Сначала из кадра с помощью самоорганизующейся искусственной нейронной сети вычитается статичный фон – изображение объектов неподвижных на протяжении всей работы системы. При обнаружении нештатного поведения такие объекты не представляют интереса и целесообразно отделить фон от остального изображения. Затем для каждого пикселя, не принадлежащего фону, оценивается скорость движения с помощью метода оценки оптического потока [1] и метода плоской гомографии [2], чтобы компенсировать влияние перспективной проекции. В качестве вектора характеристик движения берутся значения модулей скоростей каждого пикселя на изображении.

Работу системы можно разбить на два этапа. Первый этап заключается в обучении системы, т.е. построения модели нормального поведения на основе заданных образцов. Для этого из векторов характеристик поведения для каждого кадра образцов строится ортогональный базис методом анализа главных компонент [2]. Второй этап заключается в анализе текущего поведения в сцене. Для этого вектор характеристик текущего кадра проецируется на базис и проецируется обратно. Во время такого преобразования будет потеряна информация, которая не коррелирует с векторами характеристик нормального поведения и соответствует нештатному поведению. За меру аномальности текущего поведения была взята следующая величина:

$$A = \frac{1}{M} \sum_i^M |F_i - F_i^{pb}| \quad (1)$$

где F_i - вектор характеристик для текущего кадра, F_i^{pb} - вектор характеристик текущего кадра после проекции и обратной проекции, а M – количество движущихся точек.

Полученное значение аномальности сравнивается с некоторым заранее заданным порогом и принимается решение о наличии нештатной ситуации в сцене.

Работа системы была проверена, как на видеозаписях проекта CAVIAR [3], так и видеозаписях, записанных в компьютерном классе университета ННГУ. Из каждого видео бралось ограниченное число примеров нормального поведения, на которых обучалась система. Затем система вычисляла значения аномальности всех кадров с нормальным и нештатным поведением из выбранного видео. На основе этих значений строились гистограммы распределения аномальности для обоих типов поведения. При сравнении гистограмм брался участок, где значения распределения для нормального поведения были не близки к нулю.

На одном из видео, записанных в компьютерном классе, в качестве нормального поведения была взята работа за компьютером, а в качестве нештатного – отключение кабелей устройств, подключенных к задней панели системного блока. Сравнение гистограмм распределения аномальностей при разном количестве обучающих примеров приведены на рисунке 1. На *рис. 1(а)* видно, что площади под гистограммами частично перекрываются. Это означает, что в зависимости от выбора порога различения работа системы будет характеризоваться либо большим количеством ложных тревог, либо риском отсутствия тревоги при наличии нештатного поведения. На *рис. 1(б)* же область перекрытия значительно меньше и можно ввести порог, при котором система будет давать минимум ложных тревог и обнаруживать подавляющее большинство аномальных ситуаций. Из этого следует, что система может разделить выбранные типы поведения. При этом с увеличением количества примеров это разделение улучшается, что свидетельствует о способности системы к обучению.

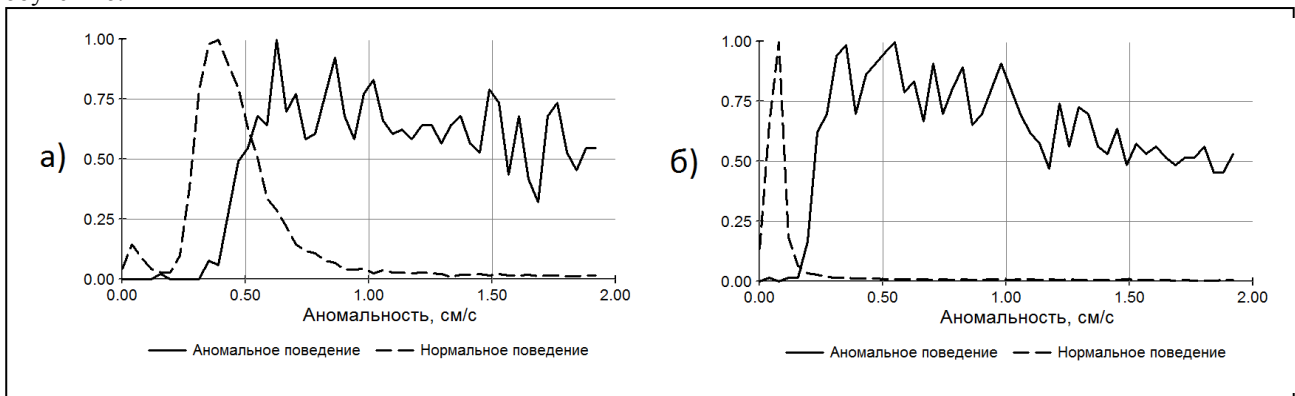


рис.1. Сравнение гистограмм распределения аномальности для видео «Работа и ремонт». (а) – распределения при обучении на трех примерах нормального поведения, (б) – на семи.

Результаты экспериментов показывают, что выбранные характеристики поведения различаются для разных типов поведения. Метод, основанный на анализе главных компонент, позволяет обнаружить эти различия и принять решение о наличии в сцене аномального поведения. При этом модель «нормального» поведения строится на основе образцов, указанных оператором, что позволяет гибко использовать предложенную систему.

Список публикаций:

- [1] Лукьяница А. А. Цифровая обработка видеоизображений. // Москва, «Ай-Эс-Эс Прес», 2009. 518 с.
- [2] Форсайт Д. Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. // Москва, «Вильямс», 2004. 928 с.
- [3] EC Funded CAVIAR Project, IST 2001 37540 [Электронный ресурс]. URL: <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CAVIAR> (дата обращения: 20.2.2014).

Оптимальное управление квантовыми системами для обработки квантовой информации

Шауро Виталий Павлович

Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН

Зобов Владимир Евгеньевич, д.ф.-м.н.

Shaurkin@hotmail.com

За последние два десятилетия различные методы управления квантовыми системами получили значительное развитие, как в части теории, так и в экспериментальной реализации. Актуальность этой области исследований обусловлена большой практической значимостью решаемых задач - от управления химическими реакциями до создания квантового компьютера и сверхбезопасных квантовых каналов связи. Напомним, что Нобелевская премия за 2012 г. была вручена за первые успешные экспериментальные работы по управлению квантовыми микрообъектами.

Наверное, одним из наиболее интересных и многообещающих направлений, где необходим высокоточный контроль над квантовым состоянием, является обработка квантовой информации. Из теории квантовых вычислений известно, что для успешного выполнения квантовых алгоритмов необходимо, чтобы ошибка, приходящаяся на каждую элементарную логическую операцию (вентиль), была меньше некоторого порогового значения. Для обеспечения этого условия в эксперименте необходимы эффективные методы управления динамикой квантовой системы. К сожалению, разработка таких методов с помощью аналитических подходов крайне сложна для квантовых систем с большим числом состояний. В связи с этим зачастую прибегают к численным методам, позволяющим найти оптимальное управляющее воздействие на систему для получения нужного квантового состояния или, в общем случае, определенной унитарной эволюции системы.

В контексте квантовых вычислений задачу оптимального управления квантовой системой можно определить следующим образом. Пусть эволюция системы описывается уравнением Шредингера с гамильтонианом

$$H(t) = H_0 + \sum_k u_k(t) H_k$$

Здесь H_0 - «внутренний» гамильтониан, включающий все постоянные взаимодействия в системе, а $u_k(t)H_k$ - взаимодействие с k -тым управляющим полем с зависящей от времени амплитудой $u_k(t)$. Необходимо найти такие функции $u_k(t)$, чтобы оператор эволюции

$$U(T) = \hat{D} \exp\left(-i \int_0^T H(t) dt\right)$$

выполнял нужное логическое преобразование U_f с максимальной точностью за время T (\hat{D} - оператор упорядочения по времени). Точность можно оценить, например, с помощью нормы Гильберта-Шмидта

$$\Phi = \frac{1}{N^2} \left| \text{Tr}(U_f^\dagger U(T)) \right|^2,$$

где N – размерность гильбертова пространства. В настоящее время разработано несколько численных подходов для решения задачи управления, наиболее популярными из которых являются алгоритмы Кротова (см., например, [1]) и GRAPE [2].

Численные методы на основе алгоритма Кротова впервые были сформулированы и получили дальнейшее развитие в области оптики. В основе алгоритма лежит нахождение максимума функционала определенного вида. Из вариационного принципа выводится система уравнений, которая в дальнейшем используется для построения численной монотонно сходящейся итерационной схемы, позволяющей находить оптимальное управляющее поле $u_k(t)$. Алгоритм GRAPE впервые был сформулирован в контексте магнитного резонанса и, по сути, является обычным методом градиентного спуска. Его высокая эффективность обусловлена использованием приближенной формулы для расчета градиента целевого функционала (точности вентилей), что позволяет на порядки уменьшить вычислительные затраты по сравнению традиционными разностными схемами. Существует большое количество различных модификаций обоих алгоритмов, например, учитывающие специфику конкретных задач или ускоряющие сходимость. Среди модификаций второго типа стоит отметить алгоритм BFGS-GRAPE [3], скорость сходимости которого существенно выше, чем в базовом алгоритме.

Упомянутые численные методы используются не только для решения конкретных экспериментальных задач, но и нередко применяются в теоретических исследованиях. Ярким примером служит работа [4], где авторы используют алгоритм GRAPE для оценки минимального времени реализации вентилей квантового преобразования Фурье на цепочке ядерных спинов $1/2$, управляемых методом ядерного магнитного резонанса. Минимальное время связано с эффективностью квантовых алгоритмов, и поэтому его оценка имеет большое значение для теории квантовых вычислений. Подобные исследования с применением алгоритма BFGS-GRAPE были выполнены нами в работе [5] для другого объекта – квадрупольного ядра с большим спином. Полученные численные результаты демонстрируют, как и в работе [4], сильную зависимость минимального времени вентилей от значения его общего фазового множителя, а также подтверждают наши теоретические предположения о существовании «вторичных» решений в задаче управления, которые характеризуются большим временем реализации заданного вентилей. В зависимости от начальных условий, алгоритм может сходиться как к основным решениям, так и к «вторичным», что существенно усложняет анализ численных данных при оценке минимального времени.

Развитие и широкое применение численных методов теории управления обещает значительные успехи во многих направлениях квантовой физики, что в конечном итоге приведет нас к созданию уникальных устройств, в полной мере использующих особенности квантово-механического мира.

Список публикаций:

- [1] I. Maximov, Z. Tošner, N. Nielse, *J. Chem. Phys.*, 128, 184505 (2008).
- [2] N. Khaneja, T. Reiss, C. Kehlet et al., *J. Magn. Reson.*, 172, 296 (2005).
- [3] S. Machnes et al, *Phys. Rev. A* 84, 022305 (2011).
- [4] T. Schulte-Herbrüggen, A. Spörl, N. Khaneja, S.J. Glaser, *Phys. Rev. A* 72, 042331(2005).
- [5] V.P. Shauro and V.E. Zobov, *Phys. Rev. A* 88, 042320 (2013).