

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

Авербух Елена Леонидовна, 5 курс
Нижегородский государственный технический университет, ИРИТ
Моделирование цунами, вызванных сходом оползней и обвалом прибрежных скал
Куркин Андрей Александрович, д.ф.-м.н.
e-mail: Averbukh.lena@gmail.com стр. 645

Андросов Сергей Сергеевич, 5 курс
Информация об авторе также представлена в секции – 9 (Оптика, спектроскопия)
Краснодар, Кубанский государственный университет, Физико-технический
Сенсорная система на основе брэгговских волоконно-оптических датчиков с передачей сигналов датчиков по оптическим сетям связи
Векшин Михаил Михайлович, к.ф.-м.н.
e-mail: aserg_k@mail.ru стр. 646

Бабий Михаил Юрьевич, магистрант 1 года обучения
Владивосток, Дальневосточный государственный университет, физический
Web Server на микроконтроллере AVR для задач автоматизации эксперимента
Голик Сергей Сергеевич, к.ф.-м.н.
e-mail: m-prim@mail.ru стр. 647

Бежан Алексей Владимирович, м.н.с.
Апатиты, Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра РАН
Теоретические подходы к математическому моделированию системы теплоснабжения с участием ветроэнергетических установок
e-mail: yeskela@rambler.ru стр. 648

Бойченко Степан Викторович, аспирант 1 года обучения
Иркутск, Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН
Тестирование алгоритма отделения спектра комбинационного рассеяния бета-каротина от фоновых свечений
e-mail: ste89@yandex.ru стр. 650

Бурнос Дарья Владимировна, магистрант 1 года обучения
Волгоград, Волгоградский государственный университет, математики и информационных технологий
Пакет программ для обработки космических снимков
Кузьмин Николай Михайлович, к.ф.-м.н.
e-mail: kii_irina@mail.ru стр. 651

Веденин Евгений Игоревич, 2 курс
Новороссийск, Новороссийский политехнический институт КубГТУ, экологии и технологии энергоносителей
Лазерная диагностика спектров размеров частиц при измельчении материалов
Чартий Павел Валикович, к.ф.-м.н.
e-mail: svetokdojdei@mail.ru стр. 652

Волошина Ирина Эдуардовна, докторант 3 года обучения
Алматы, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, физический
Численное моделирование дисперсии и горения жидких впрысков в турбулентном потоке
Аскарова Алия Сандыбавна, д.ф.-м.н.
e-mail: irina.voloshina@kaznu.kz стр. 653

Глушкова Елена Владимировна, 4 курс
Тезисы автора представлены в секции – 20 (Проблемы и методика преподавания физики)
Томск, Томский государственный университет, физический
Раскрутка сайта: Итоги простой модели на примере сайта физкабинета Томского университета
Михайличенко Юрий Павлович, к.п.н.
e-mail: helly59@mail.ru стр. ____

Гордеев Георгий Андреевич, 5 курс
Ижевск, Удмуртский государственный университет, информационных технологий и вычислительной техники
Моделирование нестационарного теплопереноса при высокоинтенсивном лазерном спекании порошковых материалов

Кривилев Михаил Дмитриевич, к.ф.-м.н.
e-mail: gordeevgeorgij@rambler.ru стр. 654

Гридин Андрей Анатольевич, зав.лаб.
Владивосток, ДВГУ, Институт физики и информационных технологий
Проект создания ресурсного информационного центра на базе института физики и информационных технологий ДВГУ для обеспечения консолидации информационно-аналитического сопровождения научно-исследовательских работ и управления ими

Соппа Игорь Владимирович, к.ф.-м.н.
e-mail: gridin.andrey@gmail.com стр. 655

Гринько Илья Александрович, 4 курс
Тезисы автора представлены в секции – 19 (Физика и экология)
Новороссийск, Новороссийский политехнический институт КубГТУ, экологии и технологии энергоносителей
Лазерная диагностика пылегазоочистного оборудования в режиме реального времени

Чартий Павел Валикович, к.ф.-м.н.
e-mail: grinko.ilia@gmail.com стр. ____

Жувагин Дмитрий Юрьевич, 4 курс
Волгоград, Волгоградский государственный университет, математики и информационных технологий
Библиотека функций для поиска соседних частиц в методе SPH

Кузьмин Николай Михайлович, к.ф.-м.н.
e-mail: dmitri_juvagin@mail.ru стр. 657

Жумалиев Артур Галиевич, 4 курс
Информация об авторе также представлена в секции – 19 (Физика и экология)
Волгоград, Волгоградский государственный университет, математики и информационных технологий
Методы оптимизации работы сельскохозяйственной авиации на основе математического моделирования

Хоперсков Александр Валентинович, д.ф.-м.н.
e-mail: arturzhumaliev@gmail.com стр. 658

Журиков Владимир Евгеньевич, магистрант 1 года обучения
Воронеж, Воронежский государственный педагогический университет, физико-математический
Установка индукционного нагрева для закалки металлических стекол

Хоник Виталий Александрович, д.ф.-м.н.
e-mail: v.zhurikov@gmail.com стр. 660

Иваненко Светлана Владимировна, аспирант
Новосибирск, Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, физико-технический
Измерительный комплекс дисперсионного интерферометра на основе CO₂ лазера

Хильченко Александр Дмитриевич, к.т.н.
e-mail: ivanenko.sveta@gmail.com стр. 661

Иванова Алина Александровна, магистрант 2 года обучения
Новосибирск, Новосибирский государственный технический университет, физико-технический
Адаптивный высокоскоростной гамма-спектрометр

Хильченко Александр Дмитриевич, к.т.н.
e-mail: alisa@ngs.ru стр. 662

Карзанова Мария Вадимовна, аспирант 1 года обучения
Тезисы автора представлены в секции -9 (Оптика и спектроскопия)
Нижний Новгород, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, физический
Исследование люминесцентных свойств вольфрам-теллуридных стёкол методом многофакторного эксперимента

Чигиринский Ю. И., к.ф.-м.н.
e-mail: cherrymary08@mail.ru стр. 338

Карташов Дмитрий Александрович, аспирант 3 года обучения
Зеленоград, Московский институт электронной техники, электроники и компьютерных технологий
Анализ эффективности применения расширенного алгоритма пчёл (алгоритм Карташова) и модификаций генетического алгоритма (классический алгоритм и алгоритм Апрелова) для быстрой компьютерной обработки рентгеновских рефлектограмм

Герасименко Николай Николаевич, д.ф.-м.н.
е-mail: dmitry_kartashov@mail.ru стр. 663

Клиточенко Ирина Игоревна, магистрант 1 года обучения
Волгоград, Волгоградский государственный университет, математики и информационных технологий

Пакет программ для кластеризации космических снимков

Кузьмин Николай Михайлович, к.ф.-м.н.
е-mail: kii_irina@mail.ru стр. 664

Клюгер Константин Сергеевич, 4 курс

Владивосток, Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского, физико-технический

Метод измерения и обработки трехмерных спектров флуоресценции растворенных органических веществ в воде

Салюк Павел Анатольевич, к.ф.-м.н.
е-mail: kluger_k_s@mail.ru стр. 666

Кобелев Иван Александрович, магистрант 1 года обучения

Волгоград, Волгоградский государственный университет, математики и информационных технологий

Программный пакет для обработки одномерных числовых данных `VolsuGraph`

Хоперсков Александр Валентинович, д.ф.-м.н.
е-mail: noferat@ya.ru стр. 667

Крамынин Сергей Петрович, м.н.с.

Информация об авторе представлена также в секции – 9 (Оптика и спектроскопия)

Махачкала, Институт физики им. Х.И. Амирханова ДНЦ РАН

Программа разложения сложных спектров люминесценции на элементарные составляющие

Зобов Евгений Маратович, д.ф.-м.н.
е-mail: kraminin@mail.ru стр. 669

Кутергина Наталья Алексеевна, аспирант

Киров, Вятский государственный университет, электротехнический

Численное моделирование характеристик излучения и радиационных характеристик действующих энергетических установок

Кузьмин Владимир Алексеевич, д.т.н.
е-mail: bagira_nat@pochta.ru стр. 670

Лобанов Дмитрий Николаевич, 3 курс

Информация об авторе также представлена в секции – 19 (Физика и экология)

Нижний Новгород, Нижегородский государственный технический университет, радиоэлектроники и информационных технологий

Исследование динамических процессов береговой зоны Горьковского водохранилища

Куркин Андрей Александрович, д.ф.-м.н.
е-mail: mitroffan2@mail.ru стр. 671

Пахоменко Анатолий Александрович, аспирант

Томск, Томский государственный педагогический университет, физико-математический

Физический эксперимент с удаленным доступом на основе микроконтроллера

Горчаков Леонид Всеволодович, д.ф.-м.н.
е-mail: pahomenkoa@mail.ru стр. 672

Пурьга Екатерина Александровна, инженер

Новосибирск, Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, физико-технический

Система регистрации данных диагностики параметров плазмы методом томсоновского рассеяния на установках ГОЛ-3 и ГДЛ

Хильченко Александр Дмитриевич, к.т.н.
е-mail: shaunli@rambler.ru стр. 673

Рубцова Екатерина Владимировна, 4 курс
Москва, Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, физический
Стохастические динамические игры с информацией различного типа
Голубцов Петр Викторович,
e-mail: katia.ru@bk.ru стр. 674

Свиточев Игорь Олегович, 2 курс
Тезисы автора представлены в секции – 19 (Физика и экология)
Волгоград, Волгоградский государственный университет, математики и информационных технологий
Особенности фазовых портретов динамической нелинейной модели речной системы
Хоперсков Александр Валентинович, д.ф.-м.н.
e-mail: svitochev@yandex.ru стр. ____

Соснов Дмитрий Евгеньевич, 2 курс
Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет, физический
Программно-аппаратный комплекс для анаглифической визуализации 3D-объектов
Немногин Сергей Андреевич, к.ф.-м.н.
e-mail: kot_dymok@bk.ru стр. 675

Тарасов Евгений Александрович, 5 курс
Кемерово, Кемеровский государственный университет, физический
Разработка блока питания рентгеновского источника фотоэлектронного спектрометра (ESCA 3201)
e-mail: tarasow-ewgeniy@yandex.ru стр. 677

Терентьева Валентина Анатольевна, аспирант
Екатеринбург, Институт электрофизики УрО РАН
Автоматизация физических экспериментов с помощью блока ввода-вывода данных RL-88AC
Кузнецов Вадим Львович, д.т.н.
e-mail: kuznetsov@iep.uran.ru стр. 678

Черных Денис Вячеславович, магистрант 1 года обучения
Владивосток, ДВГУ, Институт физики и информационных технологий, физический
Разработка программного обеспечения на основе СУБД, предназначенного для хранения, обработки, систематизации и анализа акустической и другой сопутствующей информации о газовых `факелах`
Саломатин Александр Сергеевич, к.ф.-м.н.
e-mail: azzielbub@mail.ru стр. 679

Шамов Евгений Александрович, 5 курс
Волгоград, Волгоградский государственный технический университет, электроники и вычислительной техники
Моделирование динамики электронного потока в скрещенных полях на кластере центральных и графических процессорных устройств
Шеин Александр Георгиевич, д.ф.-м.н.
e-mail: neuro_mind@mail.ru стр. 681

Шауро Виталий Павлович, аспирант 2 года обучения
Красноярск, Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН
Расчет оптимального управляющего поля для реализации квантовых логических операций на квадрупольных ядрах со спином I=1 методом ЯМР
Зобов Владимир Евгеньевич, д.ф.-м.н.
e-mail: Shaurkin@hotmail.com стр. 682

Эпштейн Леонид Борисович, аспирант 1 года обучения
Новосибирск, Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН
Канал обработки сигналов `башен` жидко-ксенонового калориметра детектора КМД-3
Юдин Юрий Валерьевич, к.т.н.
e-mail: angel-of-world@yandex.ru стр. 684

Яковлев Александр Юрьевич, 3 курс
Архангельск, Архангельский ГТУ, Институт информационных технологий
Моделирование взаимодействия электрических зарядов с использованием компьютерных технологий
Комарова Галина Тимофеевна,
e-mail: mberdennikova@yandex.ru стр. 685

Моделирование цунами, вызванных сходом оползней и обвалом прибрежных скал

Авербух Елена Леонидовна

Хвостова О.Е., Куркин А.А.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Национальный исследовательский университет «Высшая Школа Экономики»

Куркин Андрей Александрович, д.ф.-м.н.

Averbukh.lena@gmail.com

Большинство моделей цунами, порожденных сходом оползней и обвалом прибрежных скал, основано на отклике поверхности моря на движение твердого дна. Моделирование генерация цунами оползнями и обвалами является трудной задачей. Основные трудности состоят в том, что оползень распространяется достаточно долго, поэтому время перемещения оползня будет воздействовать на характеристики сгенерированной волны и должно быть включено в модель. Сам оползень существенно изменяется во время его перемещения, вызывая тем самым изменение поверхностных волн, которые были сгенерированы.

В последнее десятилетие был достигнут большой прогресс, как в численном моделировании оползневых цунами, так и в аналитических моделях, предложенных для адекватного описания процесса. Существенным моментом при расчете оползневых цунами является выбор модели для описания поведения оползня при численных расчетах. Наиболее популярными моделями является две модели.

Первая – модель твердого блока, где горные породы рассматриваются в виде прямоугольного двумерного бруска, движущегося с заданной скоростью вдоль склона с учетом трения. Он состоит из хорошо консолидированного материала и сохраняет свою форму во время движения. Такие модели хорошо описывают образование волн цунами в результате падения в море скал, ледяных глыб, горных массивов. Для расчетов, в рамках данной модели, был модернизирован программный код *funwave* – программное обеспечение для моделирования генерации и распространения цунами.

Вторая модель основана на представлении тела в виде потока жидких частиц, текущая вниз по жесткому непроницаемому склону. Опишем селевой поток с помощью трехмерной системы уравнений Навье – Стокса:

$$\begin{cases} \frac{Du}{Dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} = \mu \nabla^2 \vec{u}, \\ \frac{Dv}{Dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} = \mu \nabla^2 \vec{v}, \\ \frac{Dw}{Dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} = \mu \nabla^2 \vec{w} + g, \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{D\rho}{Dt} = 0, \quad (2)$$

где x, y, z – координаты частицы, u, v, w – составляющие вектора скорости, t – время, ρ – плотность потока, P – давление, μ – коэффициент вязкости, g – ускорение свободного падения.

Для моделирования такого класса задач со свободными границами, сопровождающиеся сильно – нелинейной деформацией в процессе движения, в настоящее время все большее распространение приобретают бессеточные методы. Среди них выделяют подкласс методов частиц. Их основная идея состоит в дискретизации области расчета набором частиц в представлении Лагранжа. Бессеточная природа данных методов обусловила огромную популярность метода частиц в сфере решения задач со свободными границами.

Моделирование проводилось методом SPH (гидродинамический метод сглаженных частиц). Предполагается, что все взаимодействия между частицами ограничены конечным объемом, и вне данного радиуса частицы не взаимодействуют. Основная идея метода сглаженных частиц состоит в дискретизации сплошной среды конечным набором лагранжевых частиц, которые движутся со скоростью потока и допускают произвольную связность между собой, SPH позволяет рассчитывать задачи с большими деформациями расчетной области и разрывами течений. Частицы обладают всеми характеристиками среды: координатами, скоростью, массой, плотностью, давлением и энергией. Все функции, входящие в систему уравнений движения, например, давление или плотность, представляются в виде интегралов по области течения от этих функций с весовой функцией Дирака. Все вышеперечисленное указывает на актуальность использования данного метода в областях описания сплошных сред, где наблюдается множественное нарушение связности расчетной области, и моделирование традиционными сеточными методами становится невозможным.

Необходимо отметить, что формулировка Навье-Стокса для движения потоков в эйлеровом описании основана на сеточной структуре. То есть значения искомых полей зависят не только от времени, но и от положения в пространстве, которое также зависит от времени. В трехмерном пространстве получаем: $\vec{F}(x(t), y(t), z(t))$. В лагранжевой формулировке потоков частицы полостью определяют поток. Это означает, что частицы движутся вместе с жидкостью. В сравнении с эйлеровым описанием, это значит, что любое значение искомого поля теперь зависит только от времени, что значительно упрощает исходные уравнения.

Для визуализации больших объемов данных с результатами, были использованы скрипты, написанные для Scripter Surfer(Golden Software) – мощная система создания трехмерных карт, моделирования и анализа поверхностей, визуализации ландшафта, генерирования сетки и многого другого. Разнообразие скриптов связано с расширенными потребностями. Была реализована функциональность, позволяющая наглядно продемонстрировать анимацию водной поверхности прямо на модели земного шара Google Планета Земля.

Сравнение моделей различного типа показывает, что оползень в виде твердого блока производит более высокие волны цунами, чем модель оползня как жидкости. Приходя к переоценке результатов первой модели, потребовалось проведение более подробного моделирования. Результаты, полученные после реализации гидродинамическим методом сглаженных частиц движения оползня, являются более точными. Для модели твердого блока, чем выше начальное положение оползня, тем выше генерированные волны. Для оползня есть оптимальное положение, которое производит наибольшие волны. Увеличение объема оползня, его плотности и угла наклона всегда увеличивает энергию генерированных волн.

Сенсорная система на основе брэгговских волоконно-оптических датчиков с передачей сигналов датчиков по оптическим сетям связи

Андронов Сергей Сергеевич

Кубанский государственный университет

Векишин Михаил Михайлович, к.ф.-м.н.

aserg_k@mail.ru

Сенсорные системы, основанные на волоконно-оптических брэгговских датчиках, всё шире применяются для мониторинга состояния зданий, объектов инфраструктуры, объектов нефтяной промышленности (измерение температуры, механических напряжений). Как правило, аппаратура анализа сигналов датчиков устанавливается непосредственно на контролируемом объекте, однако, это не всегда является удобным.

Использование волоконных сетей связи для передачи оптического сигнала от источника излучения к датчикам и отражённого информационного сигнала от датчиков к приёмнику излучения позволяет опрашивать датчики с удалённого контрольного пункта, к которому могут сходить потоки информации от нескольких сенсорных сетей. Это даст возможность централизованно осуществлять мониторинг состояния нескольких объектов.

В датчиках, созданных на основе волоконной брэгговской решётки, используется свойство решётки отражать оптическое излучение в узком спектральном диапазоне. Зависимость сдвига резонансной длины волны брэгговской решетки от деформации и изменения температуры описывается формулой [1]:

$$\Delta\lambda_B = \lambda_B(1-p_e)\varepsilon + \lambda_B(\alpha_\Lambda + \alpha_n)\Delta T, \quad (1)$$

где λ_B – резонансная длина волны; ε – деформация; p_e – константа деформации оптического волокна; α_Λ – тепловой коэффициент расширения; α_n – термооптический коэффициент; ΔT – изменение температуры.

Отклик на внешнее воздействие ($\Delta\lambda_B$) составляет порядка 15-20 пм/°С; 1,25 пм/микрострейн [2]. Соответственно, для датчика, работающего в температурном диапазоне от -40°С до 60°С необходимо выделить спектральную полосу в 2 нм.

Источником оптического излучения является СИД. Для работы может использоваться тот же спектральный диапазон, что и в обычных системах передачи информации с волновым уплотнением каналов, это позволяет использовать для сопряжения с волоконной линией связи и выделения сигнала датчиков стандартные элементы WDM. Чтобы не допустить воздействия помех от источника излучения на длине волны 1550 нм, оптимальными являются диапазоны 1600-1625 нм или 1480-1520 нм. Для каждого конкретного случая подбираются соответствующие параметры используемых волоконных решёток. Анализ сигналов осуществляется высокоточным спектроанализатором (рис. 1).

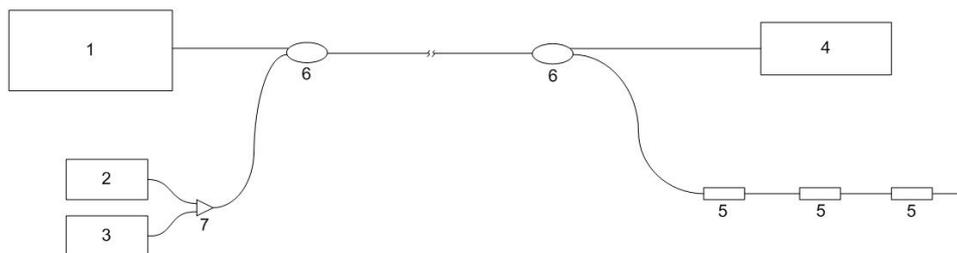


рис.1 Структурная схема сенсорной системы.

1 – узел данных, 2 – широкополосный источник излучения, 3 – спектроанализатор, 4 – оконечное оборудование пользователей, 5 – брэгговские датчики, 6 – фильтры WDM, 7 – волоконный разветвитель.

Например, в диапазоне 1480-1500 нм может быть использован тонкоплёночный фильтр SM 1490 и СИД с центральной длиной волны 1490 нм, в такой системе может быть мультиплексировано до 20 датчиков.

Список публикаций:

- [1] Васильев С. А., Медведков О. И., Королев И. Г. и др. // Квантовая электроника. 2005. Т.35. № 12. С. 1087.
 [2] Бабин С. А., Власов А. А., Каблуков С. И. и др. // Вестник НГУ. Серия: Физика. 2007. Т. 2. – В. 3. – С. 56.

Web Server на микроконтроллере AVR для задач автоматизации эксперимента

Бабий Михаил Юрьевич

Дальневосточный федеральный университет

Голык Сергей Сергеевич

symbiosis@gmail.com

В настоящее время существует огромное множество оборудования для проведения различных экспериментальных работ. Зачастую используется оборудование разных производителей с различными интерфейсами, в основном это последовательный интерфейс RS-232 либо USB, реализованный при помощи микросхемы конвертера USB <->RS232, либо прямое подключение сенсоров к контроллеру. Однако очень редко можно встретить оснастку Ethernet, что позволило бы сократить число соединительных кабелей, а также упростило бы процесс автоматизации. Мало того, такой подход предоставляет возможности наблюдения и управления экспериментом большому числу пользователей одновременно, через интернет браузер компьютера или мобильного устройства.

Встроенные системы обычно маленькие, маленькие не только физически, но также в смысле объема памяти и производительности CPU. Все, реализованные в таких системах протоколы TCP/IP имеют гораздо меньшее максимальное количество параллельных пользователей (2-5 параллельных http соединений). Здесь же использован другой подход при реализации TCP/IP. Количество данных, которое мы хотим отобразить на web-странице очень маленькое. Для опроса различных датчиков и управлением коммутирующими устройствами достаточно передать всего несколько байт. Размер страницы ограничили несколькими сотнями байт, что позволяет не ограничивать число параллельных http соединений. Так же реализован простой механизм защиты паролем, запрещающий не авторизированным пользователям доступ к web – серверу.

Разработанное устройство позволяет опрашивать большое число датчиков, по различным интерфейсам (в т.ч. и аналоговым, используя 10 bit АЦП микроконтроллера) и коммутировать исполняющие узлы. Мониторинг и управление реализуется через Web-страницу. Процессор микроконтроллера AtMega168 работает на частоте 12.5 МГц.

Особенность использования TCP в том, что один из участников соединения может посылать более одного пакета данных, но нам не нужна такая функциональность. Нам нужен TCP протокол, лишь потому, что HTTP базируется на нем, а мы хотим использовать HTTP. Принимая во внимание то, что нам не придется посылать более одного пакета данных, весь TCP протокол вместе с механизмом управления соединением может быть существенно упрощен. Мы можем посылать пакет FIN немедленно, вместе с данными. Это очень сильно упрощает механизм управления соединением при его закрытии.

Большинство операций, процессор микроконтроллера AVR, выполняет за один такт. Что обеспечивает отличную производительность. Нет жесткого ограничения числа пользователей, сервер может обслуживать сотни web-страниц в секунду. Некоторые web-серверы, реализованные на небольших персональных компьютерах, не могут похвастаться такой производительностью.

Для реализации протокола Ethernet использован чип ENC28J60 от компании Microchip. На одной микросхеме реализуется протокол приема/передачи данных, MAC адрес, и протокол физического уровня. К нему подключаются несколько внешних элементов, в основном это кварцевый резонатор и Ethernet трансформатор – известный как магнит. ENC28J60 это небольшой чип всего с 28 контактами, он имеет интерфейс SPI, который легко использовать с любого микроконтроллера.

Ниже представлена блок-схема устройства. Принципиальная электрическая схема в силу объема не публикуется.

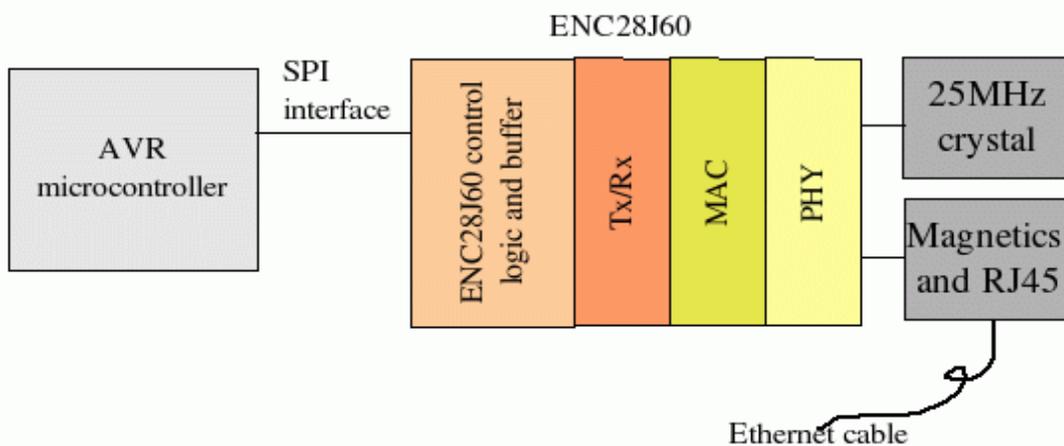


рис.1 Структурная блок-схема устройства.

Разработанное устройство позволяет вести мониторинг и управление удаленно через локальную сеть или сеть «интернет», значительно сэкономив тем самым время на обработку результатов. Экспериментатор при минимуме финансовых и временных затрат может построить автоматизированную систему, не разделяя последовательные соединения или другие шины. Всё может быть объединено в сеть Ethernet. Расстояние больше не ограничивающий фактор, возможны также Wi-Fi соединения. А принимая во внимание низкую стоимость (до 500 руб) конечного образца, а также простоту сборки и отладки (в отличии от аналогичных систем, использующих другое решение), можно сказать, что это конкурентоспособное устройство.

Теоретические подходы к математическому моделированию системы теплоснабжения с участием ветроэнергетических установок

Бежан Алексей Владимирович

*Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра РАН
yeskela@rambler.ru*

Рассмотрим общие подходы к разработке математической модели системы теплоснабжения, где источниками тепловой энергии являются ТЭЦ (или котельная установка) и ветроэнергетическая установка (ВЭУ) соизмеримой мощности, работающая в совокупности с тепловым аккумулятором (ТА).

К числу плодотворных методов в теории математического моделирования относятся методы, предусматривающие расчленение задачи на ряд подзадач, решение каждой подзадачи независимо и последующую координацию полученных решений. В рассматриваемой задаче систему теплоснабжения целесообразно расчленить на составляющие и уже дальше отдельно рассматривать все элементы данной системы.

В этой связи решение нашей задачи видится в математическом моделировании отдельных элементов системы, которое состоит в рассмотрении таких элементов и их проверке в условиях, аналогичных реальным условиям работы системы теплоснабжения.

Основные элементы рассматриваемой системы теплоснабжения (рис.1): здание (потребитель тепловой энергии), ТЭЦ или котельная установка (основной источник тепловой энергии), ВЭУ (дополнительный источник тепловой энергии), тепловой аккумулятор (ТА) (ёмкость для накопления и хранения тепловой энергии в виде горячей воды), разделитель и смеситель (дополнительное, вспомогательное оборудование, связывающее работу остальных), элеватор (служит для понижения температуры горячей воды и создания требуемого напора в подсоединяемой системе отопления).

При указанном разделении системы теплоснабжения на составные части, математические модели элементов данной системы связываются между собой. Эта связь характеризуется такими параметрами, как мощность, расход и температура теплоносителя. Все модели дополняют друг друга, позволяя получать оптимальные решения всей задачи.

Так, например, математическая модель теплового аккумулятора состоит из следующей системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} V_{TA} C_p^{H_2O} \frac{dT_{TA}}{dt} = v_{TA} C_p^{H_2O} T_{TA}^{(0)} - v_{TA} C_p^{H_2O} T_{TA} - K_{TA} F_{TA} (T_{TA} - T_{\epsilon}) + \Delta Q_{ВЭУ} \\ \frac{dv_{TA}}{dt} = \frac{\gamma_{TA} V_{TA}}{75} \cdot \frac{dT_{TA}}{dt} \end{cases}$$

Она описывает изменения температуры T_{TA} и расхода v_{TA} теплоносителя теплового аккумулятора, и учитывает изменения тепловой энергии, поступающей от ВЭУ.

Проводимые до настоящего времени исследования систем отопления с использованием ВЭУ в основном не давали полного представления о картине теплоснабжения с применением ВЭУ с точки зрения функциональности процессов, происходящих во время производства, передачи и потребления тепловой энергии от источника тепла к потребителю. Дополнение и переоборудование большинства существующих зданий системами отопления с использованием ВЭУ представляет более сложную задачу, которая в будущем должна быть решена при разработке математических моделей эффективных автономных систем отопления с применением ВЭУ.

Математическая модель системы теплоснабжения находится на стадии завершения и будет представлять собой систему дифференциальных уравнений первого порядка, в будущем она позволит оценить возможные режимы работы комбинированной системы теплоснабжения; определить оптимальную структуру системы теплоснабжения с участием ВЭУ; определить возможные объёмы экономии органического топлива.

Хотя сформулированная задача остаётся сложной оптимизационной задачей, сделанные содержательные допущения позволят решить её.

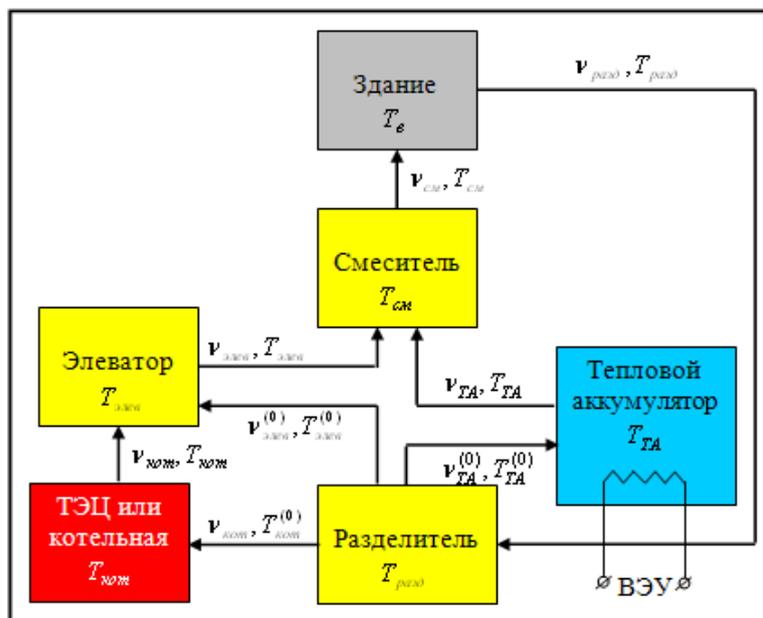


рис. 1 Структурная схема исследуемой системы теплоснабжения

Тестирование алгоритма отделения спектра комбинационного рассеяния бета-каротина от фоновых свечений

Бойченко Степан Викторович

Иркутский филиал Института лазерной физики

Мартынович Евгений Фёдорович, д.ф.-м.н.

ste89@yandex.ru

В работе исследуется задача отделения спектра комбинационного рассеяния (КР) бета-каротина от спектров люминесценции в смесях, возникшая в ходе разработки бесконтактного метода определения бета-каротина в биологических и других объектах [1]. Задача ставилась следующим образом: имеется экспериментально записанный спектр исследуемой смеси, представляющий собой сумму трёх сигналов.

$$S(\lambda) = P(\lambda) + L(\lambda) + N(\lambda), \quad (1)$$

где λ - длина волны излучения, S - спектр смеси, P - спектр КР бета-каротина, L - спектр люминесценции бета-каротина и сопутствующих веществ, N - экспериментальный шум. Требуется, имея спектр S , найти спектр P .

Возможность решения поставленной задачи базируется на следующем факте: спектр КР сложной органической молекулы как функция длины волны представляет собой набор узких пиков, а люминесценция веществ, сопутствующих бета-каротину, – гладкую медленно (по сравнению с пиками КР) меняющуюся функцию. Следовательно, имея спектр $S(\lambda)$, можно приближённо восстановить $L(\lambda)$ посредством аппроксимации её выбранной функцией $F(\lambda)$. Затем приближённый спектр КР находится как разность $S(\lambda)$ и $F(\lambda)$. Используются следующие характеристики спектра КР: $I_1=S_1/SL$, $I_2=S_2/SL$, $I_3=S_1/S_2$ (рис.1), где S_1 , S_2 и SL – площади под 1-м и 2-м пиками КР и пиком лазерного возбуждающего луча соответственно.

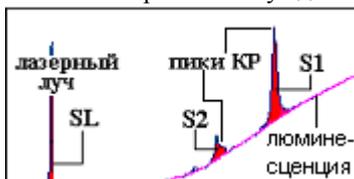


рис.1 Спектр бета-каротина, записанный в 2-хлучевой схеме.

Исследуется метод выделения спектра КР из спектра смеси, основанный на аппроксимации спектра люминесценции полиномами (рассматриваются полиномы 1-20 степеней, из которых выбирается один или несколько в каждом эксперименте). Проводится вычислительный эксперимент над модельными спектрами с целью оценки точности восстановления спектра КР бета-каротина, записанного с помощью спектрометра AvaSpec-2048TEC.

Получены следующие результаты.

1) Установлена зависимость относительной погрешности в определении интенсивности спектра КР от величины шума при различных уровнях сигнала. Показано, что используемый алгоритм обработки спектров устойчив к вариациям шума в рабочем диапазоне значений шума при рабочем уровне сигнала.

2) Исследовано соотношение между погрешностью в определении интенсивности спектра КР, связанной с неточностью восстановления базовой линии (вычислительно-шумовая погрешность), и погрешностью, вызванной наличием шума (шумовая погрешность). По результатам вычислительного эксперимента, вычислительно-шумовая погрешность (в условиях физического эксперимента) не превосходит шумовую более чем в 2,5 раза и не составляет более 5%. На основании этого тестируемый алгоритм признаётся пригодным для обработки спектров смесей, содержащих бета-каротин.

3) По исследуемой методике обработаны спектры нескольких смесей, содержащих бета-каротин. Для них сравнивается характеристика I_3 (не зависящая от концентрации бета-каротина в исследуемом образце), по точности совпадения которой для спектров различных образцов можно судить о точности обработки спектров. Получились следующие значения I_3 : чистый бета-каротин - 4.07 ± 0.06 ; чистый бета-каротин с подсветкой лампой накаливания - 4.068 ± 0.023 ; бета-каротин, смешанный с йодом - 4.02 ± 0.09 ; мандарин - 4.062 ± 0.096 ; морковь - 4.17 ± 0.11 . В пределах экспериментальной погрешности I_3 совпадает для этих образцов, что подтверждает корректность обработки спектров по выбранному алгоритму.

Список публикаций:

[1] Старченко А. А., Бойченко С. В. // Вестник Иркутского университета. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та. 2008. С. 254-256.

Лазерная диагностика спектров размеров частиц при измельчении материалов

Веденин Евгений Игоревич

Новороссийский политехнический институт КубГТУ

Чартий Павел Валикович, к.ф.-м.н.

svetokdojdei@mail.ru

Одной из основных характеристик, определяющих свойства цементов является дисперсность или спектр размеров цементных частиц. Как правило, измерение дисперсности на цементных заводах осуществляется путем отбора проб и последующего анализа в лабораторных условиях[1]. На это требуется дополнительное время, что не позволяет своевременно вносить необходимые коррективы в технологический процесс. Следовательно, необходимо измерять дисперсность цемента в реальном времени. Передовые зарубежные технические решения, позволяющие решать задачи контроля дисперсности в реальном времени, в основном предусматривают автоматический отбор пробы и последующий её анализ автоматическим анализатором[2]. Как правило, такие системы контроля достаточно дороги, что ограничивает их распространение в отечественной промышленности. Нами и другими авторами показана возможность измерения в реальном времени только средних размеров цементных частиц, например, методом спектральной прозрачности на нескольких длинах волн лазерного излучения, что является менее затратной задачей.

С целью существенного снижения стоимости контроля дисперсности цемента в реальном времени предлагается измерять лазерными методами средние размеры частиц, а по ним восстанавливать спектры размеров частиц.

Для достижения поставленной цели была взята выборка цементов разных производителей и партий общим числом более ста двадцати образцов. Выполнен их гранулометрический анализ в лабораторных условиях с помощью серийного лазерного дифракционного гранулометра, позволяющего измерять распределение частиц по размерам в пределах от 0,02 до 2000мкм. (рис.1)

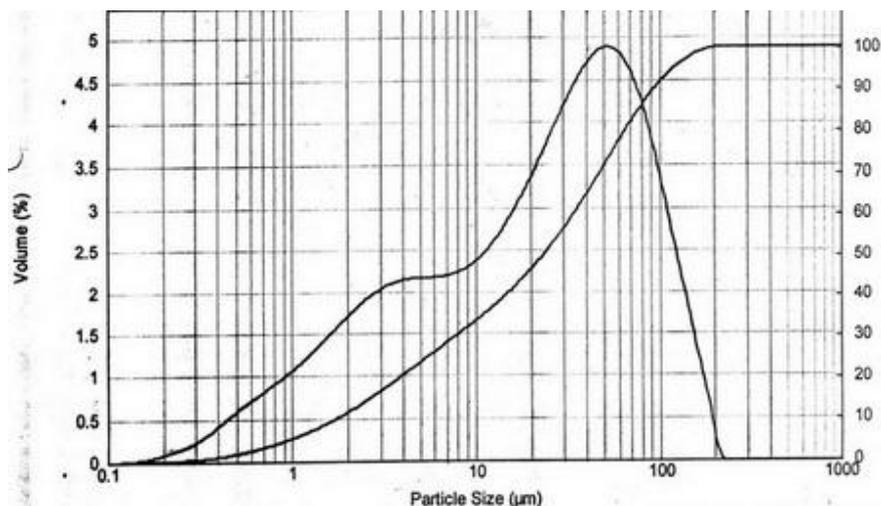


рис.1 Результаты гранулометрического анализа

Статистическая обработка полученных спектров размеров цементных частиц позволила выявить зависимость спектра размеров частиц от его среднего значения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач. Одной из таких задач является восстановление спектра размеров цементных частиц по измеренным значениям среднестатистических параметров распределения частиц по размерам. Основным таким параметром является среднее массовое значение размера частиц. Поэтому нами была проанализирована зависимость спектров размеров частиц от этого среднего значения. И разработана методика восстановления спектра размеров цементных частиц по его среднему значению. Было получено, что восстановленные спектры размеров частиц в области малых размеров (от 0 до 20 мкм) и больших (более 80мкм) хорошо коррелируют со средним размером частиц (коэффициент корреляции более 0,8). В области средних размеров (20-40мкм) эта связь слабее. Однако с точки зрения качества помола цемента наиболее значимыми являются доли мелкодисперсной и крупнодисперсной фракций.

Отсюда следует, что прогнозирование мелкой и крупной фракции по среднему значению является возможным, а для прогнозирования содержания средней фракции недостаточно знания только среднего размера частиц, необходимо оценивать и другие статистические параметры (например, среднее квадратическое

отклонение, асимметрию, эксцесс и др.). Планируется оценить параметры законов распределения частиц по размерам, по которым будут восстановлены спектры размеров цементных частиц.

Таким образом, получено, что измерение в реальном времени среднего размера цементных частиц позволяет, используя инварианты спектров размеров частиц относительно среднего размера, восстанавливать наиболее значимые области спектра, оценивать с достаточной точностью основные параметры, характеризующие дисперсность готового цемента и тем самым повышать точность решения обратной задачи.

Список публикаций:

[1] Н.В. Лысенко, П.В. Чартий, Р.П. Чартий, В.Г. Шеманин *Определение мелкодисперсной фракции аэрозольных частиц в аэродисперсных средах в реальном времени*// Вестник СПбО РАИН. 2007. Вып. 3. С. 271-281.

[2] Энтин З.Б., Нефедова Л.С. *О дисперсности и гранулометрии российских и зарубежных цементов*// Цемент и его применение. 2008. №2. С. 86-88.

Численное моделирование дисперсии и горения жидких впрысков в турбулентном потоке

Волошина Ирина Эдуардовна

Рыспаева Майя Жумабековна

Казахский национальный университет имени аль-Фараби

Аскарова Алия Сандыбаевна, д.ф.-м.н.

Irina.Voloshina@kaznu.kz

Гидродинамика турбулентных течений – одна из областей прикладной науки, которая требует пристального внимания, богата теоретическими и экспериментальными проблемами и имеет фундаментальное и практическое значение. Если в турбулентных потоках происходят химические реакции, в том числе горение, проблема приобретает новые грани. В результате возникают чрезвычайно сложные проблемы, включающие взаимодействие турбулентных движений с химическими и термодинамическими процессами, связанными с горением. В наше время турбулентные течения с химическими реакциями вызывают повышенный интерес. Проблемы увеличения эффективности сжигания и уменьшения выбросов в разнообразных установках, от электростанций до авиационных турбин, а также создания устройств, таких, как газодинамические лазеры, требуют совершенствования методов описания и расчета таких течений.

В данной работе был проведен вычислительный эксперимент по дисперсии и горению впрысков жидкого топлива (тетрадекана) в камере сгорания. Тетрадекан – это основная составляющая дизельного топлива. Используется в грузовом, пассажирском и индивидуальном автотранспорте.

Камера сгорания представляет собой цилиндр, высотой 15 см, диаметром 4 см. Расчетная область состоит из 600 ячеек. Время горения топлива 4 мс. Жидкое топливо впрыскивается в камеру сгорания через круглое сопло, расположенное в центре нижней части камеры. Время инъекции капле топлива 1,4 мс. Скорость впрыска топлива равна 250 м/с, площадь инжектора составляет $2 \cdot 10^{-4}$ см². После впрыска происходит быстрое испарение топлива, и его сгорание осуществляется в газовой фазе. Температура стенок камеры сгорания 353 К. Начальная температура газа в камере 900 К. Температура впрыскиваемого топлива 300 К. Начальный радиус впрыскиваемых капле 3 мкм. Угол инъекции капле 10°. Давление в камере сгорания составляет $4 \cdot 10^6$ Па.

Поскольку горение происходит в газовой фазе, то важно знать распределение концентрации паров топлива. Как видно из *рис.1а*, максимальная концентрация паров топлива приходится на нижнюю часть камеры. Начиная именно с этой области располагается ядро факела, и реакция горения происходит наиболее интенсивно.

Анализ *рис.1б* показывает, что большая часть углекислого газа образовалась в начальной области камеры, а далее концентрация резко снижается. На выходе из камеры значение концентрации двуокиси углерода очень мало.

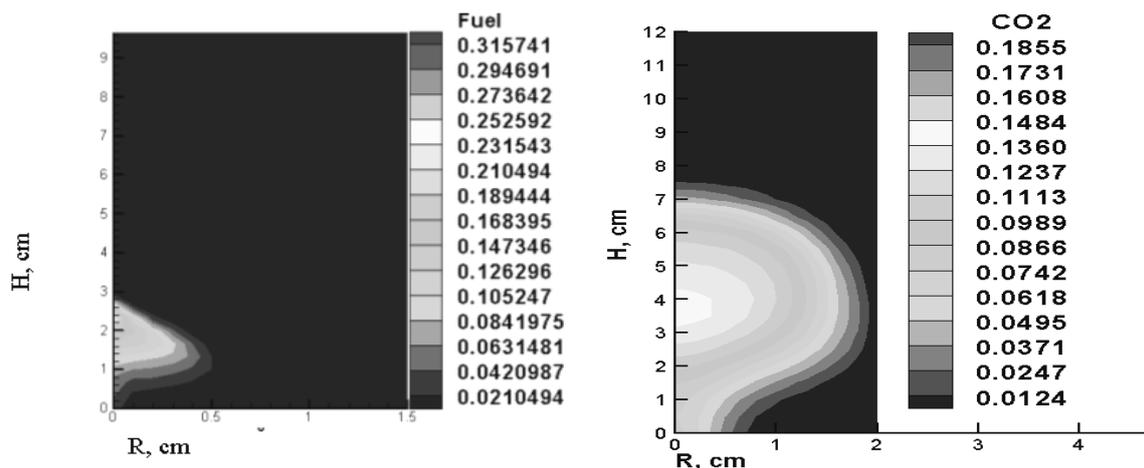


рис.1 а) распределение концентрации тетрадекана в камере сгорания в начальной стадии горения, б) распределение концентрации углекислого газа ($г/см^3$) в камере сгорания для тетрадекана с массой $m=0,016 г$ в момент времени 4 мс

Полученные результаты позволяют проследить дисперсию и динамику факела жидкого топлива. Дальнейшие исследования горения жидких впрысков позволят усовершенствовать работу двигателей внутреннего сгорания, авиационных, ракетных двигателей и сделать их более экономичными и экологически безопасными.

Моделирование нестационарного теплопереноса при высокоинтенсивном лазерном спекании порошковых материалов

Гордеев Георгий Андреевич

Удмуртский государственный университет

Кривилев Михаил Дмитриевич, к.ф.-м.н.

gordeevgeorgij@rambler.ru

Теория двухфазной зоны разработана еще во второй половине XX века [1], но ряд дополнительных поставленных условий делает актуальным исследование в области нестационарного теплопереноса в многофазных системах с фазовыми переходами. Одним из частных случаев задачи с такими условиями является моделирование нестационарного теплопереноса при высокоинтенсивном лазерном спекании порошковых материалов. К особенностям процесса относятся:

1. Пористость среды, влияющая как на транспортные характеристики материала, так и на долю проплавления материала внутри плавящегося объема.
2. Высокие скорости плавления и кристаллизации, появляющиеся под действием лазерного излучения, представленного в модели в виде объемного источника.
3. Сложное взаимодействие между поверхностью и внешней средой, где кроме излучения образца и конвекции в газовой среде, учитывается испарение верхнего слоя металла под воздействием лазера.

Испарение металла с поверхности введено в модель посредством эффективного коэффициента теплообмена и коэффициента при объемном источнике, уменьшающихся при достижении температуры кипения образца на границе. В ходе моделирования данного процесса в коммерческом программном пакете Comsol Multiphysics [2] были получены результаты и проанализированы следующие параметры системы: температура и градиенты температуры вблизи границы, толщина и скорость движения фронта затвердевания.

Рис.1 показывает положение изотерм при облучении поверхности образца одиночным импульсом. Во время облучения (рис.1а) происходит нагревание слоя порошка. В результате формируется зона с высокими температурными градиентами вблизи границы лазерного луча. В течение второй половины лазерного импульса (рис.1б) происходит нагрев до температуры плавления $T_f=1784 K$ с образованием зоны плавления. Высокая мощность излучения приводит к достижению поверхностным слоем температуры кипения $T_{boil}=3100 K$. Увеличение теплоотвода на поверхности за счет испарения вещества препятствует дальнейшему увеличению

температуры. Перегрев приповерхностной области значительно выше температуры плавления и отвод избыточного тепла в подложку за счет теплопроводности приводят к подплавлению частиц порошка в объеме порошкового слоя (рис. 1б). Далее следует медленное остывание области [3].

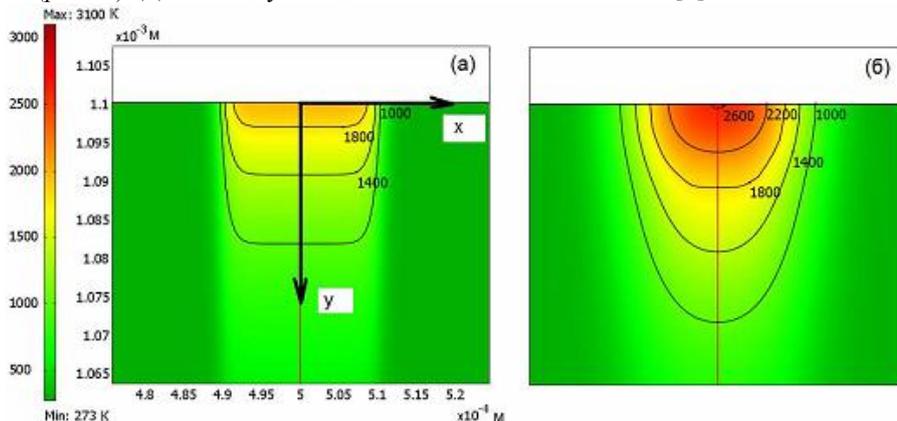


рис. 1 Развитие температурного поля при облучении поверхности образца одиночным импульсом длительностью $t=10^{-7}$ с при однородном распределении плотности излучения в лазерном пучке.

Список публикаций:

- [1] Борисов В.Т. Теория двухфазной зоны металлического слитка. М.:Металлургия, (1987).
- [2] User's Guide Comsol Multiphysics. Comsol, Inc. (2008).
- [3] М.Д.Кривилев, Г.А. Гордеев, В.Е. Анкудинов, Е.В.Харанжевский. Нестационарный теплоперенос при фазовых переходах в пористых материалах. Вестник УдГУ. Физика. Химия. Ижевск. (2010).

Проект создания ресурсного информационного центра на базе Института физики и информационных технологий ДВГУ для обеспечения консолидации информационно-аналитического сопровождения научно-исследовательских работ и управления ими

Гридин Андрей Анатольевич
Полянский Дмитрий Александрович
 Дальневосточный государственный университет
 Сопна Игорь Владимирович, к.ф.-м.н.
gridin.andrey@gmail.com

В настоящий момент в Институте физики и информационных технологий (ИФИТ) ДВГУ совместно с ДВО РАН создано 4 профильных НОЦ: Наноп физика и нанотехнологии, Медицинская физика, Физика земли, Оптоэлектроника и информационные технологии. Кроме того, существует ряд лабораторий и кафедр: подводной робототехники, микроэлектроники, высокопроизводительных вычислительных систем и технологий, информационной безопасности и др. Однако, данные подразделения в части касающейся научной работы, экспериментов, написания отчётов, получения грантов и т.п. практически не взаимодействуют между собой. Это вызывает ряд проблем организационного характера в части проведения научных исследований, распределения студентов и молодых учёных по проектам и направлениям, а также затрудняет получения финансирования проектов, находящихся на стыке научных направлений, и, естественно, вызывает проблемы с обеспечением конфиденциальности информации о проведённых экспериментах до момента публикации результатов.

Для решения возникших проблем было предложено создание ресурсного информационного центра на базе ИФИТ ДВГУ. Проект создания РИЦ включает в себя следующие подсистемы: подсистема вычислительного оборудования и вычислительных сетей (физический уровень), подсистема обмена информацией (логический уровень), организационно-правовая подсистема (уровень обеспечения контроля качества выполняемых работ, обеспечения доступности необходимой для работы информации и защита конфиденциальной информации о научной работе).

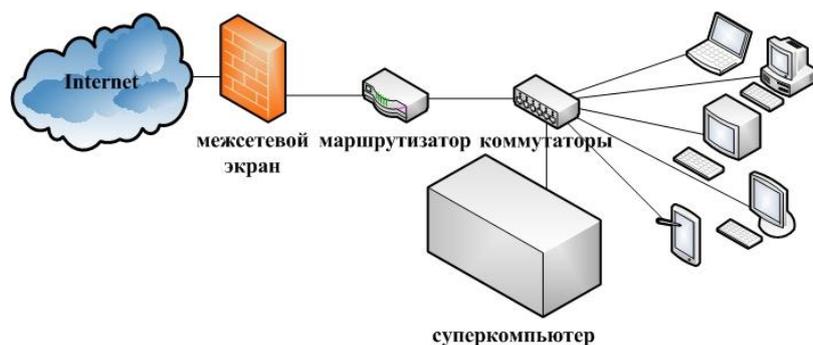


рис. 1. Структурная схема подсистемы вычислительного оборудования и сетей

Подсистема вычислительного оборудования и вычислительных сетей (рис.1) предполагает создание следующих компонент:

1. Структурированная кабельная система и локальная вычислительная сеть;
2. Коммутация с сетью Интернет через мультисервисную сеть ДВГУ опосредовано через операторов связи и вычислительную сеть ДВО РАН;
3. Вычислительные мощности на рабочих местах и суперкомпьютерный центр обработки данных для проведения экспериментов по моделированию, либо проведения предварительных расчётов перед проведением непосредственно экспериментов.

Подсистема обмена информацией (рис.2) по сути своей представляет объединение трёх систем на логическом уровне, а именно объединение web портала на основе ПО управления содержимым сайта от 1С «Битрикс» с ERP системой «Галактика» и с единым каталогом на базе Active Directory. Такое объединение позволит осуществить поддержание в актуальном состоянии практически всей информации о ходе деятельности НОЦ (проведение экспериментов, загруженность оборудования и людей, остатки бюджета за отчётный период, возникшие проблемы и т.п.).



рис.2 Подсистема обмена информацией

Так, на Портале можно размещать информацию об экспериментах, вести исследовательские блоги, размещать и находить информацию о загруженности оборудования и людей, подавать заявки на закупки оборудования и материалов для бухгалтерии, размещать новости и ссылки на другие полезные источники информации, а также получать разнообразные аналитические отчёты и статистику в режиме реального времени. Взаимодействие с общеуниверситетской ERP системой «Галактика» позволит получать информацию по кадровому потенциалу, по учёту материальных средств и вести бюджет научных работ. Взаимодействие со службой единого каталога Active Directory позволит обеспечить плавную интеграцию с другими информационными системами в случае возникновения такой необходимости, и самое главное обеспечить безопасность конфиденциальной информации.

Поэтапное воплощения проекта РИЦ на базе ИФИТ ДВГУ позволит создать систему, решающую задачи по контролю качества выполняемых работ в рамках грантов или госзаказов, позволит обеспечить максимальную доступность необходимой для научной и управленческой работы информации авторизованным пользователям, в то же время обеспечить безопасность конфиденциальной информации. Такая полнофункциональная система покрывает все аспекты информационного обмена и организационного контроля над научно-исследовательскими работами, позволяет объединять имеющиеся ресурсы в систему, что создаёт синергетический эффект и повышает эффективность, качество и безопасность работы института в целом.

Библиотека функций для поиска соседних частиц в методе SPH

Жувагин Дмитрий Юрьевич

Волгоградский государственный университет

Кузьмин Николай Михайлович

dmitri_juvagin@mail.ru

Целью работы является разработка структур данных и алгоритмов работы с ними для применения при расчетах газодинамических задач методом SPH. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить метод SPH;
- построить информационную модель, наглядно представляющую выбранные структуры данных и алгоритмы;
- создать компьютерную программу реализующую поиск соседних частиц и визуализирующую результаты вычислений.

Объектом исследования является метод SPH, предметом исследования является снижение ресурсоемкости этого метода.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что скорость вычислений и необходимый для них объем памяти существенно зависят от используемых в расчетах структур данных и алгоритмов. Этот аспект особенно важен для наиболее ресурсоемкой части метода SPH – поиска соседних частиц для заданной частицы.

Для поиска соседних частиц используется иерархическое деление, поэтому основной структурой является дерево. Графически это показано на *рис. 1*, но для того чтобы не перегружать рисунок показан пример для двумерной структуры, для трехмерного случая все будет аналогично но ветви будут содержать вдвое больше указателей. Каждая частица, список соседей и адрес также представляет собой структуру. В структуру частицы заносится информация о координатах частицы, ее параметры (в данном примере это только радиус сглаживания). Адрес содержит информацию о координатах ячейки. Список соседей - это структура содержащая частицу и указатель на следующую частицу соседку. Каждая ветвь и корень дерева содержит информацию об адресе ячейки и ссылки на листья или ветви уровнем ниже. В листе дерева содержится информация об адресе ячейки, частица и список частиц соседей.

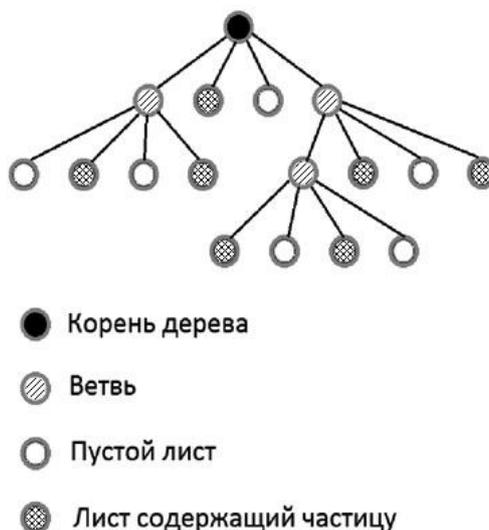


рис. 1 Графическое представление структуры дерева

Алгоритм построения дерева. Область делится на 8 равных ячеек, и каждая ячейка проверяется на количество частиц в ней. Если в ней нет частиц, то строится пустой лист, если в ячейке содержится одна частица, то строится лист с описанием этой частицы. Если в ячейке более одной частицы, то эта ячейка также делится на 8 частей и каждая снова проверяется на количества частиц.

Алгоритм поиска соседей. Выполняется обход дерева и выбирается первая частица. Вокруг нее строится квадрат со стороной равной четырем длинам сглаживания (*рис. 2*).

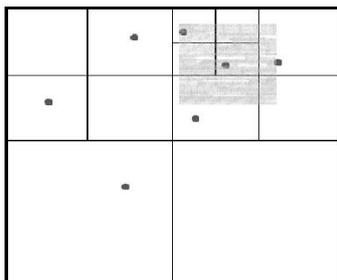


рис.2 Графическое представление поиска соседней частицы

Далее этот квадрат проверяется на пересечение с листьями дерева. Если квадрат пересекается с листом дерева содержащий частицу, то проверяется условие соседства двух частиц. Если условие выполняется, то заносим найденную частицу в соседки просматриваемой, и так же заносим просматриваемую частицу в соседки найденной.

Основная расчетная программа написана на языке C++ как консольное приложение, при написании использовался источник. Она выполняет чтение из файла, содержащего описание частиц, затем формирует список этих частиц. На основании этого списка строится дерево. После происходит обход дерева и поиск соседних частиц. Одновременно программа записывает два текстовых файла, в одном содержатся координаты и длина сглаживания частиц, а в другом координаты ячеек, на которые разбивается расчетная область.

Разработана структура данных и алгоритмов работы с ними для применения при расчетах газодинамических задач методом SPH. В результате устранены недостатки использовавшегося ранее алгоритма, а именно снижена ресурсоемкость части метода SPH – поиска соседних частиц для заданной частицы.

Методы оптимизации работы сельскохозяйственной авиации на основе математического моделирования

Жумалиев Артур Галиевич

Волгоградский государственный университет

Хоперсков Александр Валентинович, д.ф.-м.н.

arturzhumaliev@gmail.com

Эффективность работы сельскохозяйственной авиации определяется равномерностью распределения осаждающих химикатов в форме аэрозолей на поверхности земли. Вихревая система [1], возникающая за летящим самолетом, является основной причиной неравномерного распределения активного вещества по поверхности. Пропеллер создает асимметрию в вихревом поле скоростей. Дополнительным нелинейным фактором является ветер, который помимо сноса аэрозолей, может существенно изменять структуру вихревого следа легкого самолета, усиливая неравномерность выпадения химических веществ. Движение аэрозолей происходит в рассчитанном поле скоростей за самолетом (рис.1). Характером распределения вещества на поверхности можно управлять, варьируя режим инжекции аэрозолей у различных форсунок на специальной штанге вдоль крыла. Модель самолета основана на параметрах биплана АН-2. Целью работы является построение информационной системы с развитым пользовательским интерфейсом для оптимизации режима с/х работ.

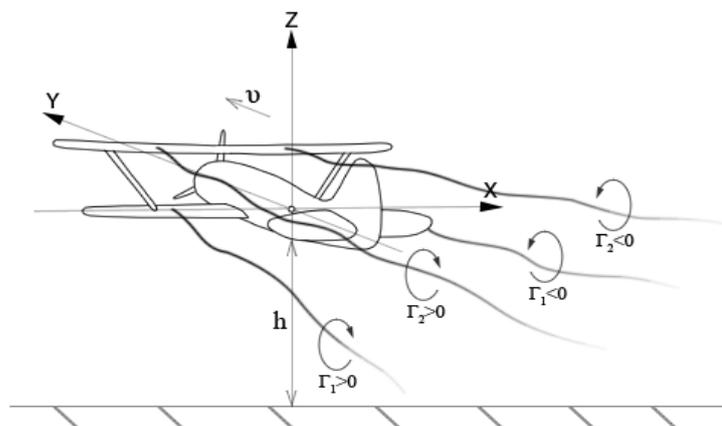


рис.1 Вихревой след, генерируемый летящим самолетом, характеризуется набором вихревых жгутов

Поле скоростей за самолетом, летящим со скоростью v на высоте h , определяется пространственным распределением вихревых жгутов различной интенсивности Γ_j с учетом влияния поверхности земли [2]. Вихревой жгут в численной модели определяется кусочно-непрерывной линией $(x_{ij}, y_{ij}, z_{ij}, j = 1, \dots, L)$, число точек L определяет точность расчетов. Расчет положения системы вихревых жгутов производился с помощью метода последовательных приближений. Суммарное поле скоростей от вихревой системы в точке M_j на i -том вихревом жгуте определяется выражением:

$$\vec{U}_j(\vec{r}) = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^L \frac{\Gamma}{4\pi} \frac{\vec{l} \times \vec{r}}{|\vec{r}|^3}, \quad (1)$$

в основе которого лежит закон Био-Савара [1], суммирование производится по всем жгутам. Наличие земной поверхности учитывается введением зеркально симметричной системы вихрей с заменой вертикальной координаты z на $(-z)$ и знака величины Γ . Следует учитывать затухание вихревых жгутов со временем по мере удаления от самолета [3].

Для нового положения j -той точки i -того вихревого жгута в момент времени $t + \Delta t$ имеем

$$\vec{r}_j^{(i)}(t + \Delta t) = \vec{r}_j^{(i)}(t) + \Delta \vec{r}_j^{(i)}(t), \quad (2)$$

где $\vec{r}_j^{(i)}(t)$ - положение точки в момент времени t , а для смещения можно записать $\Delta \vec{r}_j^{(i)}(t) = \left(\sum_{k=1}^j \vec{U}_k \right) \cdot \Delta t$.

Итерационный процесс при типичных значениях параметров сходится, позволяя определить стационарное (в системе отсчета самолета) поле скоростей.

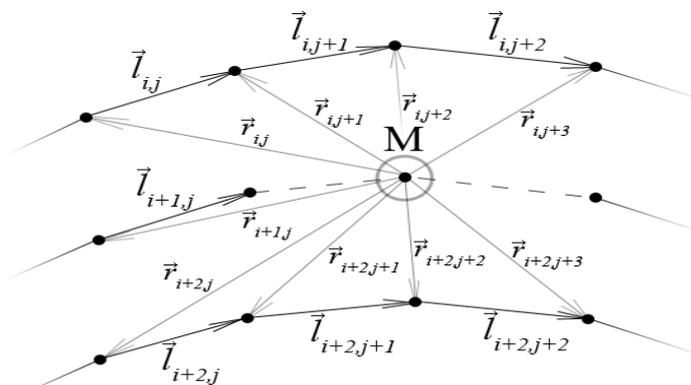


рис.2 Расчет суммарного поля скоростей в точке M

В основе моделирования динамики химикатов в вихревом следе самолета лежит численное интегрирование уравнений движения

$$m \frac{d^2 \vec{\xi}}{dt^2} = m \vec{g} + 6\pi \rho_a \nu R \left(\vec{V} - \frac{d\vec{\xi}}{dt} \right), \quad (4)$$

где m – масса капли, $\vec{\xi}$ определяет положение капли, ρ_a – плотность капли, ν – кинематическая вязкость, R – радиус капли, \vec{V} – скорость потока. Результат расчета большого числа частиц определяет закон распределения аэрозолей на поверхности земли. Тестовые расчеты динамики аэрозольных частиц показали адекватность построенной модели и ее применимость для решения последующей задачи оптимизации режима работы системы форсунок, который обеспечивал бы максимально однородное распределение вещества на поверхности земли в зависимости от внешних условий.

Список публикаций:

- [1] Л. Г. Лойцянский, *Механика жидкости и газа*, 399, 840 (2003).
- [2] L. Jacquin, D. Fabre, D. Sipp, V. Theofilis, H. Vollmers, *Aerospace Science and Technology Rev.* 7, 577 (2003).
- [3] G. Winckelmans and R. Cocle, L. Dufresne et al. *European Conference on Computational Fluid Dynamics (ECCOMAS CFD 2006), The Netherlands, 5-8 Sept. 2006*, 536 (2006).

Установка индукционного нагрева для закалки металлических стекол

Журиков Владимир Евгеньевич

Ляхов Сергей Александрович

Воронежский государственный педагогический университет

Хоник Виталий Александрович, д.ф.-м.н.

v.zhurikov@gmail.com

В современной литературе имеется много работ, посвященных изучению свойств металлических стекол. Пристальное внимание со стороны ученых к ним вызвано тем, что металлические стекла обладают рядом уникальных свойств, обусловленных сильной неравновесностью их структуры. Наиболее распространенным способом получения металлических стекол является высокоскоростная закалка расплава. Точка ликвидуса большинства сплавов, используемых для получения металлических стекол, находится обычно в области 900-1300 К. Для термообработки расплавов в этом интервале температур широко используются резистивные нагреватели, которые, однако, имеют существенные недостатки. Во-первых, относительно невысокая удельная мощность резистивных нагревателей негативно сказывается на динамике нагрева и, соответственно, на последующем процессе стеклования. Длительный отжиг сплава вблизи температуры ликвидуса может привести к фазовому расслоению и уменьшению концентрации летучих компонентов. Кроме того, длительный отжиг способствует окислению сплава порой даже в условиях высокого вакуума. Как известно, тугоплавкие оксиды могут выступать в качестве центров гетерогенной кристаллизации, препятствуя стеклованию расплава. Во-вторых, высокая температура резистивной печи является причиной существенных тепловых потерь. Указанные недостатки менее ярко выражены в случае индукционных печей. Поэтому целью настоящей работы стало изготовление автоматизированной установки индукционного нагрева малой мощности, работающей от бытовой электросети.

На *рис.1* изображена принципиальная схема разработанной нами установки.

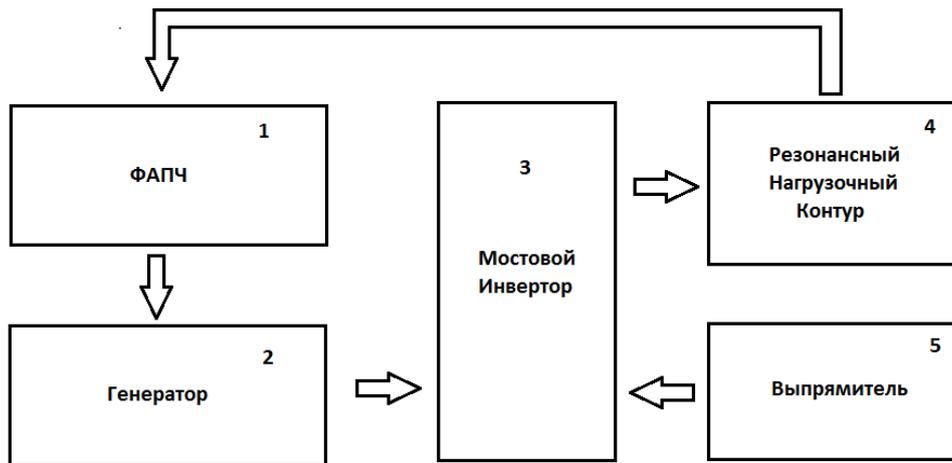


рис.1 Принципиальная схема установки индукционного нагрева. 1- фазовая автоподстройка частоты, 2- генератор импульсов управления инвертором, 3- мостовой инвертор, 4- резонансный нагрузочный контур, 5- выпрямитель с фазовой регулировкой мощности.

За основу в данной установке был взят мостовой инвертор тока, который представляет собой мост типа «Н» (блок 3 на *рис.1*), нагруженный на параллельный резонансный нагрузочный контур (блок 4 на *рис.1*) через схему согласования. Управляет инвертором генератор сигнала специальной формы (блок 2 на *рис.1*). Блок фазовой автоподстройки частоты (блок 1 на *рис.1*) подстраивает частоту генератора в ответ на изменение импеданса резонансного нагрузочного контура. В качестве силовых ключей инвертора используются мощные транзисторы MOSFET. Выходная мощность данной установки изменяется путем регулировки входной мощности инвертора. Это достигается за счет использования в качестве блока питания инвертора выпрямителя с фазовой регулировкой мощности (блок 5 на *рис.1*). При этом максимальная мощность установки достигает 2.5 кВт, а рабочая частота может меняться в пределах от 30 КГц до 300 КГц.

Описанная установка позволяет производить термообработку металлических парамагнитных и ферромагнитных сплавов массой до 100 гр. в пределах от комнатной температуры до 1600 К со скоростью нагрева свыше 300 К/мин. Указанные характеристики позволяют использовать эту установку для закалки металлических стекол из широкого спектра стеклообразующих сплавов.

Измерительный комплекс дисперсионного интерферометра на основе CO₂ лазера

Иваненко Светлана Владимировна

Хильченко Александр Дмитриевич, Иванова Алина Александровна, Пурыга Екатерина Александровна

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН

Хильченко Александр Дмитриевич, к.т.н.

ivanenko.sveta@gmail.com

В работе обсуждаются схема построения и принципы работы измерительного комплекса двухпроходного многоканального дисперсионного интерферометра (д.и.) на основе CO₂ лазера, предназначенного для формирования результатов измерений линейной плотности плазмы в режиме реального времени с временной дискретностью 4мкс, разрешением по $\langle nL \rangle \sim 0.34 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ и полным динамическим диапазоном 10^{17} см^{-2} и более. Основой комплекса являются унифицированные модули регистрации, использующие быстродействующие АЦП для фиксации формы сигналов фотоприемников и сигналов управления электронно-оптическими ячейками, модулирующими зондирующее излучение по фазе, а для формирования результатов измерений, – цифровые узлы потоковой обработки отсчетов АЦП на основе программируемых логических матриц (FPGA).

В д.и. с искусственной фазовой модуляцией одного из зондирующих лучей выходной сигнал фотоприемника $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cdot \sin(k \cdot \sin 2\pi F_m + \Delta\varphi)$ содержит осциллирующую компоненту. При амплитуде этой компоненты в π и более радиан сигнал изменяется от максимума до минимума независимо от набега фазы $\Delta\varphi$, обусловленного плазмой. Величина же $\Delta\varphi$ фиксируется в точках равенства нулю аргумента синусоидальной функции, в которых $\Delta\varphi$ по модулю тождественно равно текущему значению амплитуды модулирующего сигнала. Описанный метод измерений позволяет, при скорости изменения набега фазы в плазме менее $\frac{\pi}{2T}$, где T – период модулирующего сигнала ($T = 4\text{мкс}$), используя относительно простые процедуры обработки результатов измерений, с приемлемым временным разрешением однозначно восстанавливать сколь угодно большие значения линейной плотности в точках максимальной чувствительности интерферометра. Искусственная модуляция фазы одной из гармоник зондирующего излучения позволяет решить несколько важных технических задач. В частности, убрать за ненадобностью подстройку начальной фазы интерферометра, исключить влияние на результаты измерений набега фазы медленного временного дрейфа интенсивности лазерного излучения, временной деградации коэффициентов отражения или прозрачности элементов оптического тракта и т.д. Все это становится возможным благодаря тому, что по результатам измерений текущих значений амплитуды сигналов фотоприемника и модулятора можно полностью контролировать все параметры интерференционной картины. Как следствие, – из результирующего набега фазы могут быть исключены все отмеченные выше паразитные компоненты. Причем, в режиме реального времени. А это очень важно, поскольку подобный режим работы д.и. позволяет использовать его в весьма значимых для УТС технологических приложениях. В частности, – в качестве источника сигналов обратной связи для контуров управления плотностью плазмы или динамической стабилизации положения и формы плазменного шнура в магнитной ловушке. Функции элемента, обеспечивающего корректное решение задачи измерения текущих значений плотности плазмы в каждом модуле многоканального д.и. выполняет подсистема регистрации и обработки сигналов модулятора и фотоприемника. Положенный в основу работы этой подсистемы метод определения текущих значений набега фазы базируется на выполнении процедур:

- автоматической подстройки амплитудного динамического диапазона измерительных трактов (АЦП) под диапазон изменения входных сигналов,
- синхронной оцифровки с частотой дискретизации 64МГц текущих значений амплитуды сигналов фотоприемника и модулятора с помощью 14-разрядных АЦП,
- “цифровой” фильтрации высокочастотных шумовых компонент указанных сигналов,
- коррекции положения нуля сигналов фотоприемника и модулятора на каждом периоде модулирующего сигнала,
- нормировки амплитуды модулирующего сигнала в тракте обработки данных,
- стабилизации глубины искусственной фазовой модуляции зондирующего излучения,
- выделения из последовательности отсчетов трактов “оцифровки” сигналов фотоприемника и модулятора информативных отсчетов,
- коррекции скачков фазы, обусловленных периодичностью аппаратной функции интерферометра.

Результаты измерений набега фазы, пропорциональные текущим значениям плотности плазмы, каждым модулем регистрации многоканального д.и. в режиме реального времени передаются:

- по каналу связи Ethernet-100 серверу диагностики, строящемуся на основе компьютера класса IBM PC,
- по последовательной оптоволоконной линии связи, - модулю удаленного ЦАП, формирующему сигнал обратной связи для контуров управления плотностью плазмы, стабилизации формы или положения плазменного шнура в магнитной ловушке.

Результаты проверки унифицированного модуля регистрации совместно с двухпроходным д.и. в реальных экспериментах на газодинамической ловушке ГДЛ (ИЯФ СО РАН) и на токамаке TEXTOR (Julich, Germany) подтвердили его способность устойчиво фиксировать с дискретностью 4 мкс в практически не ограниченном временном диапазоне с разрешением по $\langle nL \rangle \sim 0.34 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ линейную плотность плазмы в диапазоне до 10^{17} см^{-2} и более при скорости ее изменения до $10^{18} \text{ см}^{-2}/\text{с}$, а так же формировать в режиме реального времени сигналы обратной связи, необходимые для замыкания контура управления плотностью плазменного шнура.

Адаптивный высокоскоростной гамма-спектрометр

Иванова Алина Александровна

Иваненко Светлана Владимировна, Пурьга Екатерина Александровна

Новосибирский государственный технический университет

Хильченко Александр Дмитриевич, к.т.н.

alisia@ngs.ru

На сегодняшний день гамма-спектроскопия нашла широкое применение в научно-исследовательских и прикладных задачах, таких как наблюдение динамики миграции примесей в плазме, контроль паразитного γ -излучения в рамках бор-нейтроннозахватной терапии рака, дистанционное обнаружение взрывчатки в грузовых контейнерах, определение состава пород в геологии и геофизике. Для решения этих задач необходимы γ -спектрометры, обладающие:

- энергетическим разрешением (аппаратным, без учета энергетического разрешения сцинтиллятора) менее 3% в диапазоне энергий 0,01 – 10 МэВ;
- способностью разделения наложенных событий для получения высокой скорости счета ($\sim 10^6$ событий/сек);
- способностью формирования и анализа спектров в режиме реального времени оператора;
- адаптивностью к различным видам сцинтиллятора.

В предположении априори известной формы сигнала детектора метод разбора наложенных событий, реализованный в спектрометре, основан на формировании короткого выходного импульса с амплитудой (площадью) пропорциональной энергии γ -кванта. Для этого сигнал сцинтилляционного детектора оцифровывается с частотой дискретизации 64 МГц 14-разрядным АЦП, а затем пропускается через цифровой фильтр, формирующий соответствующий отклик. Далее, узлом выделения пиковых значений сигналов и автоинкрементным ЗУ формируется энергетический спектр γ -квантов, который периодически (с частотой 1 Гц) передается через встроенный интерфейс (USB/Ethernet-100) в вычислительную машину для отображения и анализа. Все цифровые узлы рассматриваемого спектрометра реализованы на базе программируемой логической матрицы (FPGA).

В анализаторе для увеличения скорости набора статистики до 10^6 событий в секунду, при сохранении высокой эффективности их регистрации и аппаратного энергетического разрешения на уровне 3%, использовано несколько специальных технических решений:

на уровне детектора:

- для питания динодов ФЭУ с наибольшим токопотреблением применена схема активной стабилизации напряжений;
- в сцинтиллятор встроен датчик температуры;

на уровне цифрового узла, помимо преобразования входного сигнала в короткие импульсы, реализованы: узел отбора полезных событий;

- контроллер АЦП, фиксирующего текущие значения температуры сцинтиллятора;
- фиксатор пиковых значений амплитуды коротких импульсов;
- узел коррекции пиковых значений этих сигналов, устраняющий зависимость интенсивности вспышки сцинтиллятора от температуры.

Помимо перечисленных элементов в состав цифрового узла анализатора вошли: набор управляющих регистров, задающих режим работы, узел очистки инкрементных ЗУ.

Контроллер канала связи USB/Ethernet-100 анализатора поддерживает процедуры информационного и командного обмена с удаленной консолью оператора, строящейся на основе компьютера класса IBM PC. На его уровне реализован доступ к:

- регистрам управления анализатора, с помощью которых выбирается его текущий режим работы;
- регистрам, содержащим результаты измерений температуры сцинтиллятора и напряжения питания ФЭУ;
- буферному автоинкрементному ЗУ, содержащим результирующие энергетические спектры потока γ -квантов.

Аппаратная реализация в анализаторе энергетических спектров всех операций, связанных с фиксацией элементарных событий и их предварительной обработкой, позволила существенно сократить набор процедур, выполняемых прикладным программным обеспечением консольного компьютера. В число этих процедур входят:

- загрузка конфигурационных файлов в FPGA анализатора;
- загрузка регистров управления, позволяющих оперативно менять настройки прибора (нижний порог импульсов, дискриминатор верхнего уровня, энергетическую шкалу (путем задания напряжения питания ФЭУ), определять границы энергетических окон);
- отображение накапливаемой спектральной информации в режиме он-лайн на экране компьютера с частотой обновления, заданной оператором;
- сохранение информации на жестком диске в виде текстового файла, содержащего интегральный спектр за интервал набора статистики.

В работе приводится описание функциональной схемы γ -спектрометра и метода разделения наложенных событий на основе цифровой фильтрации, а также результаты экспериментальной проверки γ -спектрометра при работе с детектором на основе сцинтиллятора NaI(Tl).

Анализ эффективности применения расширенного алгоритма пчёл (алгоритм Карташова) и модификаций генетического алгоритма (классический алгоритм и алгоритм Апрелова) для быстрой компьютерной обработки рентгеновских рефлектограмм

Карташов Дмитрий Александрович

Московский государственный институт электронной техники (ТУ)

Герасименко Николай Николаевич, д.ф.-м.н.

dmitry_kartashov@mail.ru

Достаточно актуальной в настоящее время остается проблема расшифровки рентгеновских рефлектограмм, полученных от образцов многослойных структур при помощи методов рентгеновской рефлектометрии. Эти методы имеют ряд неоспоримых преимуществ, но невозможность получения информации о слоях напрямую и необходимость решения для этого обратной задачи значительно ограничивает возможность их применения.

Обратную задачу расшифровки полученных рефлектограмм обычно решают при помощи эволюционных методов, основным из которых является генетический алгоритм (GA) [1]. В данной работе мы исследовали эффективность двух модификаций GA: классического и GA Апрелова [2], а также сравнили полученные результаты с вычислениями, сделанными при помощи еще одного эволюционного алгоритма, разработанного автором работы – алгоритма Карташова (расширенный алгоритм пчел - ХВА). В качестве исходных данных для расчетов были взяты рефлектограммы, полученные двухволновым методом от двухслойных структур платины на кремнии. В качестве меры различия экспериментальной и подгоняемой рефлектограммы, полученной при компьютерном расчёте по модели отражения монохроматического рентгеновского излучения

от поверхности многослойной структуры была определена целевая функция ошибки (по критерию χ^2), которую мы стремимся минимизировать.

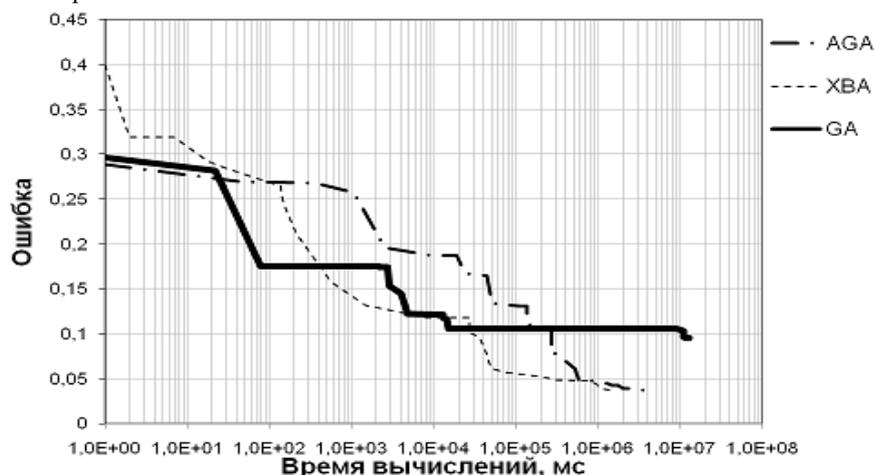


рис.1 Зависимость целевой функции ошибки от времени вычислений в миллисекундах (процессор Core 2 Quadro 9300, 2.5 ГГц) для алгоритмов XBA, AGA и GA. За 2 секунды все алгоритмы совершают одну итерацию. Образец: плёнка платины на кремнии

Из рис.1 видно, что от момента времени 20 секунд с начала вычислений (преодоление барьера 0.1 функции ошибки) до момента времени вычислений 400 секунд, при применении XBA получается значительно меньшая ошибка, чем при использовании GA и AGA. Затем, для времени от 400 секунд до 800 секунд с начала расчёта значения ошибок между XBA и AGA сравниваются (и становятся равными 0.05). Далее алгоритм XBA снова показывает наилучшие результаты (ошибка 0.036, начиная с 800 секунд расчёта и далее не уменьшается в течении 9 часов вычислений), а алгоритм Априлова позволяет получить ошибку лишь 0.038 за 9 часов. Приемлемая ошибка 0.1 при применении алгоритма Карташова получается уже после 20 секунд расчётов, а в случае применения алгоритма Априлова лишь за 200 секунд. В случае использования классического GA преодоление барьера 0.1 для функции ошибки достигается лишь после 3-х часов расчёта. За все 9 часов расчёта целевая функция не уменьшается меньше 0,095, что значительно больше значений, которые получались при использовании алгоритма Карташова (0.036) и алгоритма Априлова (0.038).

Полученные результаты свидетельствуют о большей пригодности алгоритма Карташова для проведения быстрой компьютерной обработки полученных экспериментальных данных, что является неоспоримым преимуществом при его использовании на реальном технологическом или исследовательском оборудовании, где требуется быстрая обработка результатов измерений при помощи методики относительной двухволновой рентгеновской рефлектометрии.

Список публикаций:

- [1] Holland, John H, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor, (1975)
- [2] Априлов С.А. "Многоволновая рентгеновская рефлектометрия для анализа многокомпонентных пространственно упорядоченных структур". Диссертация на соискание степени кандидата физико-математических наук., Москва, (2007)

Пакет программ для кластеризации космических снимков
Клиточенко Ирина Игоревна
 Волгоградский государственный университет
 Кузьмин Николай Михайлович, к.ф.-м.н.
kii_irina@mail.ru

Эффективность дистанционных исследований Земли из космоса во многом определяется используемыми методами обработки данных дистанционного зондирования. Одной из важных задач является задача классификации цифровых космических снимков, позволяющая выделить на снимках сходные по цветовым характеристикам области. Под процессом классификации изображения будем понимать процесс количественного отбора данных из изображения и группирования точек или частей изображения в классы (кластеры), предназначенные для представления различных физических объектов или их типов. Результатом выполнения процесса классификации изображения будут являться карты классификации. Подзадачей классификации изображения является задача кластеризации.

Нами был создан программный пакет для кластеризации 8- и 24-разрядных растровых цифровых изображений. Реализованы следующие алгоритмы кластеризации: k-means, ISODATA, FOREL [1, 2].

Для создания графического интерфейса пользователя использовался язык программирования C#. Расчетный модуль системы вынесен в динамическую библиотеку, реализованную на языке C++. Разработанный программный пакет позволяет загружать растровые изображения, осуществлять их кластеризацию и сохранять полученные результаты в растровый файл. На *рис. 1* представлен снимок экрана с главным окном программы.

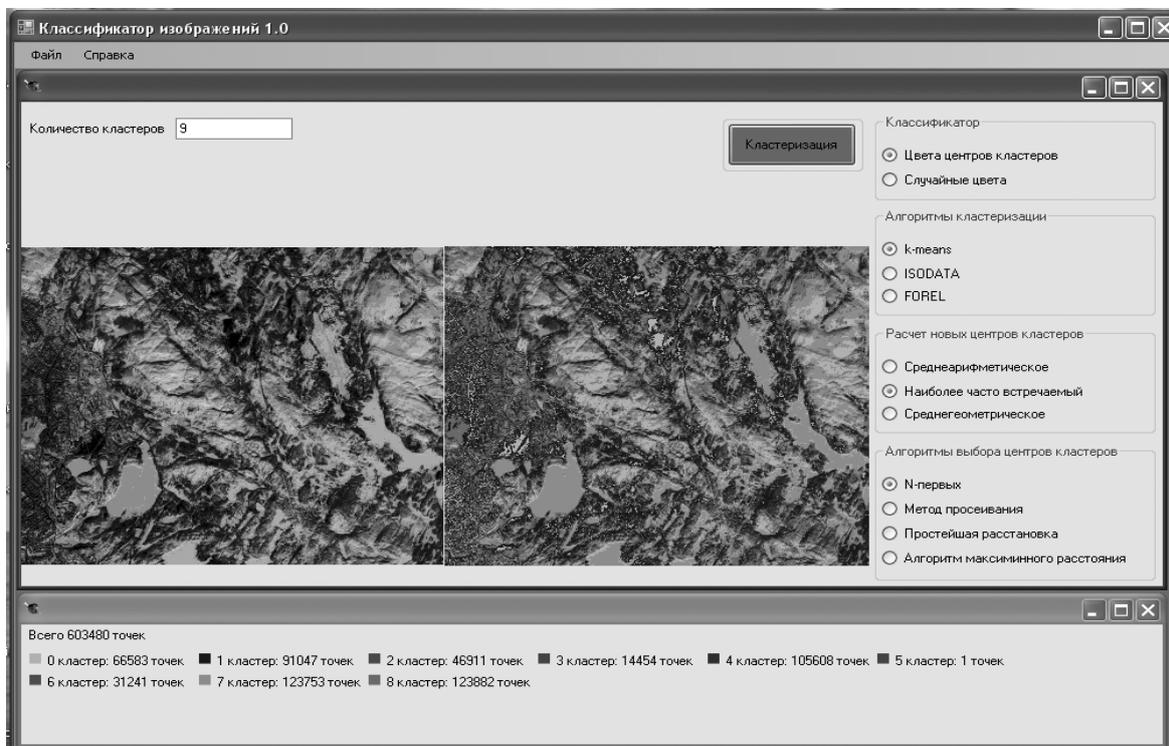


рис.1 Общий вид приложения

Для первоначальной расстановки центров кластеров используются следующие алгоритмы:

- *N*-первых. В данном алгоритме за первоначальные центры кластеров принимаются *N* первых элементов выборки (матрицы пикселей цифрового изображения).
- Простейшей расстановки центров кластеров. Вводится некоторый порог $h > 0$, в качестве первого центра кластера назначается первый элемент выборки $c_1 = x_1$. В качестве очередного ($k+1$) центра выбирается такой элемент выборки x_j , что минимальное расстояние от x_j до центров $c_j, i=1, \dots, k$, будет больше h .
- Метод просеивания. Основан на вычислении некоторой неотрицательной функции плотности распределения элементов обучающей выборки и принимающая тем большее значение, чем ближе элемент x расположен к точке сгущения элементов выборки. В качестве новых центров кластеров выбираются те элементы обучающей выборки, в которых значение плотности будет наибольшим.
- Алгоритм максимального расстояния. В качестве первого центра кластера выбирается первый элемент выборки. Далее в качестве очередного центра кластера выбирается тот элемент, который находится на наибольшем расстоянии от ближайшего из центров кластеров. Проверяется условие останова.
- Реализованные алгоритмы расчета новых центров кластеров:
 - Среднеарифметический. Новым центром кластера становится элемент выборки из данного кластера, максимально близкий к среднеарифметическому из элементов кластера.
 - Среднегеометрический. Новым центром кластера становится элемент выборки из данного кластера, максимально близкий к среднегеометрическому из элементов кластера.
 - Наиболее часто встречаемый. Новым центром становится элемент кластера, значение которого встречается наиболее часто среди элементов данного кластера.

Список публикаций:

[1] Ту Дж., Гонсалес Р., *Принципы распознавания образов [Текст]*. - М.: Мир, 1978. - 414с.

[2] Лепский, А. Е., Броневиц, А. Г. *Математические методы распознавания образов: Курс лекций [Текст]*. — Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. — 156 с. — ISBN 4-59384-334-3.

Метод измерения и обработки трехмерных спектров флуоресценции растворенных органических веществ в воде

Клюгер Константин Сергеевич

Дорошенко Иван Михайлович

Морской государственной университет им. адмирала Г.И. Невельского

Салюк Павел Анатольевич, к.ф.-м.н.

[Kluger k_s@mail.ru](mailto:Kluger_k_s@mail.ru)

Цель работы - создание оптимального метода измерения и автоматической обработки трехмерных спектров флуоресценции морской воды. Трехмерные изображения, на осях которых отложены длины волн возбуждения и испускания, а градациями цвета обозначена интенсивность флуоресценции пиков, называются трехмерными спектрами флуоресценции. На их основе возможна идентификация типов растворенных органических веществ в жидкостях и в настоящее время актуальна разработка процедур, позволяющих проводить оперативный анализ. В работе поставлены следующие задачи:

1. Подобрать настройки спектрофлуориметра, обеспечивающие оптимальное соотношение между затраченным временем на измерение одного спектра и объемом получаемой информации с приемлемым отношением сигнал/шум.

2. Создать процедуру обработки, позволяющую автоматически в поточном режиме проводить нормировку спектров и выделять спектральные особенности.

Измерения проводились на спектрофлуориметре Cary Eclipse фирмы Varian. В ходе серии экспериментов были подобраны оптимальные настройки прибора: три рабочих спектральных диапазона в пределах 240-300 нм для возбуждающего излучения и 260-510 нм для испускаемого излучения, 290-380 нм и 310-610 нм, 370-650 нм и 390-1000 нм; шаг сканирования монохроматоров возбуждающего и испускающего излучений - 5нм; скорость сканирования 3000нм/мин, время накопления одного измерения 0.1 сек. Далее проходила обработка спектров по следующей схеме:

1. Сшивка различных диапазонов регистрации. С целью оптимизации скорости измерения и конструктивных особенностей прибора весь спектр разбивался на несколько областей, которые сшивались путем усреднения в области наложения шириной 10 нм.

2. Нормировка на интенсивность комбинационного рассеяния воды. Регистрируемое комбинационное рассеяние (КР) воды определяется свойствами самой воды и пропорционально интенсивности возбуждающего излучения. Поэтому для того, чтобы проводить сравнительный анализ между различными спектрами осуществлялась нормировка на интенсивность КР, которая показана на рис. 1.

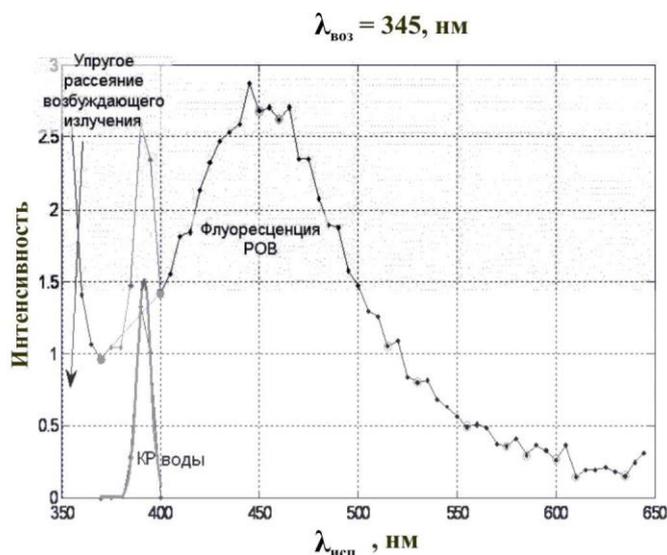


рис.1 Выделение пика КР из всего спектра

По причине того, что положение пика КР менялось с длиной волны возбуждения, требовалось разбить весь спектр на горизонтальные составляющие и производить нормировку каждого компонента в отдельности. Для предварительного обнаружения пика КР воспользовались формулой:

$$\lambda_{\text{КР}} = (1/\lambda_{\text{ex}}(i) - 0.00036)^{-1} \quad (1)$$

После его обнаружения требовалось убрать подложку. Для этого находились близлежащие минимумы по обе стороны от найденного пика КР, через которые проводилась прямая, и вычитался фон. Затем интенсивность КР воды аппроксимировалась функцией Гаусса и интенсивность всего спектра нормировалась на максимум КР.

3. Выделение пиков флуоресценции. Производилось двумя способами. В первом после визуализации обработанных спектров выделялись спектральные диапазоны с наблюдаемыми пиками. Далее автоматическая процедура в этих диапазонах определяла максимум, положение пика и интеграл интенсивности флуоресценции. К недостаткам такого подхода можно отнести то, что процедура, во-первых, не полностью автоматическая и, во-вторых, при наложении двух пиков друг на друга не всегда удается идентифицировать их максимумы. Для решения данной проблемы использовался параллельный факторный анализ (PARAFAC), который позволил автоматически идентифицировать отдельные пики [1].

В результате проделанной работы были определены оптимальные параметры проведения эксперимента и создан автоматический метод обработки трехмерных спектров флуоресценции воды, что позволило проводить оперативный анализ типов РОВ.

Список публикаций:

[1] Rasmus Bro, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 38, 149-171 (1997)

Программный пакет для обработки одномерных числовых данных «VolsuGraph»

Кобелев Иван Александрович

Волгоградский государственный университет

Хоперсков Александр Валентинович, д.ф.-м.н.

noferat@ya.ru

Визуальный способ представления данных, полученных в ходе проведения натуральных экспериментов или по результатам численного моделирования, является общепринятым в научной или учебной практике. В связи с этим была поставлена задача разработки нового легкого и функционального приложения, позволяющего обрабатывать и визуализировать цифровую информацию.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1) Определить необходимые методы и алгоритмы.
- 2) Разработать информационную модель.
- 3) Реализовать разработанную информационную модель.
- 4) Создать графическую оболочку.
- 5) Составить справочную документацию по работе с графическим редактором.

Этапы выполнения поставленных задач:

- 1) Анализ существующих программ и их функциональных возможностей для обработки и графического отображения математических зависимостей.
- 2) Анализ средств построения модулей визуализации.
- 3) Создание информационной системы.
- 4) Разработка и анализ алгоритмов функциональных частей приложения.
 - Разработка алгоритмов анализа вводимых функций.
 - Выбор и реализация алгоритмов сглаживания графиков.
 - Реализация модуля экспорта полученных диаграмм в файл.
- 5) Написание программы и ее тестирование.
- 6) Создание удобного пользовательского интерфейса.

Для написания многофункционального приложения необходимо было провести анализ уже существующих программных решений данного уровня и области.

В результате проведенного анализа было выявлено, что некоторые системы построения графиков имеют недостатки, такие как:

- сложность интерфейса или отсутствие графического интерфейса;
- отсутствие поддержки создания различных видов диаграмм;
- отсутствие многодокументного режима работы приложения;

Также некоторые рассмотренные приложения создания диаграмм и графиков математических зависимостей не имеют в своем функционале визуализацию графика функции с заданной областью определения.

При создании редактора для работы с графиками «VolsuGraph» были учтены различные недостатки имеющихся программных продуктов. При создании пакета была создана библиотека содержащая набор методов для разбора строки функции, с помощью которой можно легко обращаться с несложными математическими функциями, переводя их из строковой формы инфиксной записи в обработанное представление. А также написан модуль для анализа условия отображения функции.

Графический движок для визуализации диаграмм выполнен в виде подключаемой библиотеки, содержит атрибуты и функции вывода графиков. Содержит собственную графическую область с разметкой, позволяющую масштабировать и менять область отображения диаграмм. А также возможность полного редактирования атрибутов графического полотна и диаграмм, включающее цвет, заливку, ширину линий, тип линий, легенду, задание сетки, уровень сглаживания, точки значений и многое другое. Для сглаживания графиков функций был выбран метод интерполяции В-сплайнами с помощью алгоритма де Бора.

При написании модуля экспорта графиков в растровый формат, были использованы алгоритмы:

- RLE - формат BMP, TIFF;
- LZW - формат GIF;
- LZ-Huffman - формат PNG.

Характерные особенности разработанного программного продукта:

- Возможность масштабирования графика.
- Возможность сохранения графика в растровые форматы.
- Возможность сохранения графика в векторный формат EMF.
- Вывод построенных графиков на печать.
- Многофункциональное редактирование и настройка графического полотна и графиков.
- Многодокументный интерфейс.
- Дружественный интуитивно понятный интерфейс.
- Интерактивность. При наведении указателя мыши на график появляется подсказка с данными выбранной точки.
- Множество параметров дизайна координатной плоскости (параметры осей, сетки, фона, надписей).
- Поддержка многих видов графиков.

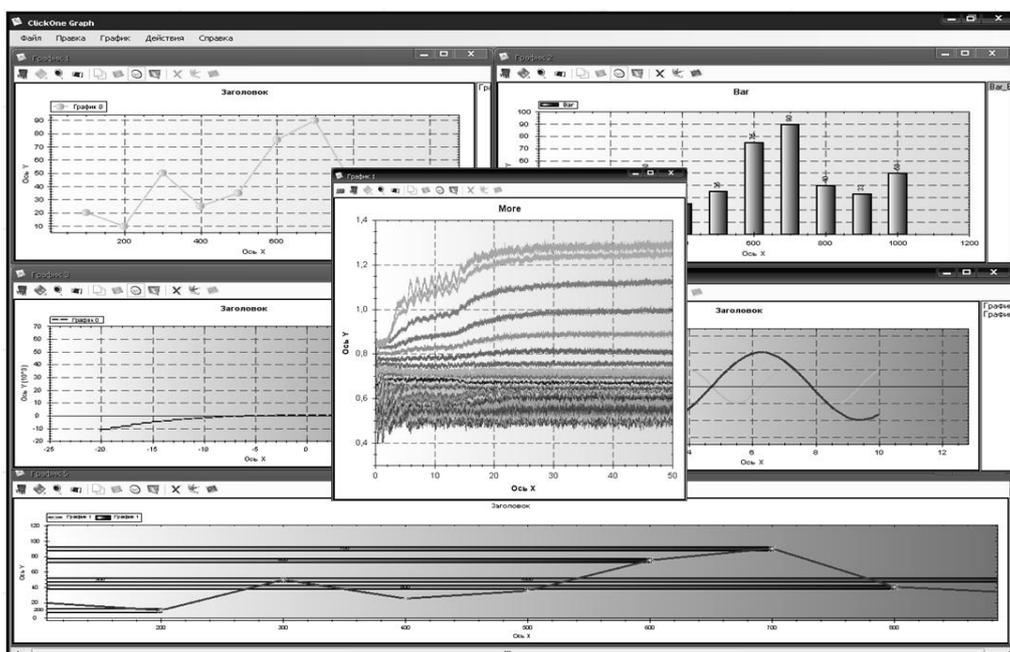


рис. 1 Общий вид VolsuGraph

В результате исследования было создано мощное и достаточно легкое в освоении средство для построения графиков и диаграмм числовых зависимостей. Легкость настройки и продуманный дизайн позволит легко и быстро построить нужный график или диаграмму, а возможность глубокой настройки графического полотна и параметров диаграммы, добавит графикам оригинальность.

Программа разложения сложных спектров люминесценции на элементарные составляющие

Крамынин Сергей Петрович

Институт физики им. Х.И. Амирханова ДНЦ РАН

Зобов Евгений Маратович, д.ф.-м.н.

kraminin@mail.ru

Программа разложения сложных спектров на составляющие создана на основе языка Object Pascal и программной среды Delphi. Основным приложением программы является разделение сложных спектров люминесценции на элементарные составляющие. В программе реализован удобный и понятный графический интерфейс, позволяющий любому работнику без затруднений освоить данное программное обеспечение и производить необходимые расчеты. Также предусмотрена предварительная обработка экспериментальных спектров, включающая в себя сглаживание и нормировку экспериментальных спектров. Сглаживание спектров производится методом Фурье. Необходимость такой обработки связана с частыми неоднородностями в спектрах, обусловленными аппаратным несовершенством, что значительно усложняет процесс нахождения максимумов элементарных полос.

По окончании процедуры сглаживания производится анализ исходного спектра на наличие элементарных полос. Анализ производится методом нахождения «квазикривизны» ($C(x)$) экспериментального спектра, определяемой следующей формулой:

$$C(x) = \frac{F''(x)}{\sqrt{1 + F'(x)^2}} \quad (1)$$

где $F'(x)$ и $F''(x)$ - первая и вторая производные соответственно. Производные от экспериментального спектра вычислялись по следующим формулам:

$$F'(x_i) = \frac{F(x_{i+1}) - F(x_{i-1}))}{2\Delta x} \quad (2)$$

$$F''(x_i) = \frac{2F(x_{i-2}) - F(x_{i-1}) - 2F(x_i) - F(x_{i+1}) + 2F(x_{i+2}))}{7\Delta x^2} \quad (3)$$

где $\Delta x = x_{i+1} - x_i$ - шаг дифференцирования.

Далее значения максимумов элементарных полос заносятся в память программы, для дальнейшего использования при разложении спектра на элементарные составляющие.

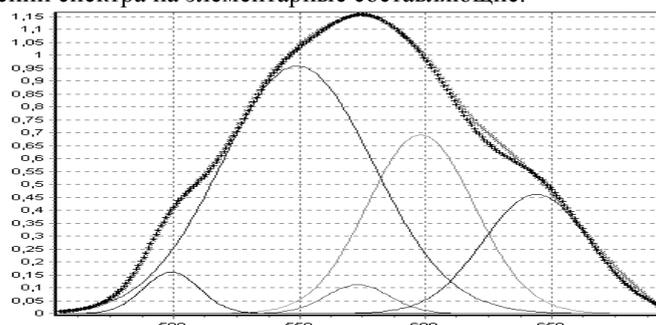


рис. 1 Пример декомпозиции сложного спектра.

При разложении сложного спектра на составляющие, в данной программе, в качестве элементарных полос используются гауссианы. Нахождение параметров элементарных гауссиан производится посредством минимизации целевой функции вида: $F_{цл} = F_{эпл} - F_{мпл}$, где $F_{цл}$ - целевая функция I-ой элементарной полосы, $F_{эпл}$ и $F_{мпл}$ - участок экспериментального спектра люминесценции и участок смоделированного спектра соответствующие I-ой элементарной полосе. Минимизация $F_{цл}$ производится с помощью собственного разработанного авторами алгоритма. Точность разложений составляет $1 \div 8\%$.

Список публикаций:

[1] Злоказов В. Б. ОИЯИ P10-81-204, Дубна, 1981; Nucl. Instrum. and Methods, 1982, v. 199, p. 509-519.

[2] Злоказов В. Б. Математические методы анализа экспериментальных спектров и спектроподобных распределений. Физика элементарных частиц и атомного ядра, 1985, Том 16, Вып. 5, с. 1148-1151.

[3] Mariscotti M.— Nucl. Instrum. and Methods, 1967, v. 50, p. 309.

[4] Barnes V.— IEEE Trans. Nucl. Sci., 1968, v. 3, NS-15, p. 437.

Численное моделирование характеристик излучения действующих энергетических установок

Кутергина Наталья Алексеевна

Вятский государственный университет

Кузьмин Владимир Алексеевич, д.т.н.

bagira_nat@pochta.ru

В различных областях современных технологий важную роль играют процессы теплообмена излучением, т.к. при помощи этих процессов передается основное количество теплоты объектам нагрева в различных энергетических агрегатах, в двигателях внутреннего сгорания, в топках паровых котлов и печах металлургических предприятий. Роль теплообмена излучением заметно возрастает по мере изменения рабочих параметров. Возрастают и требования к точности расчета теплообмена внутри действующих энергетических установок с целью обеспечения высокой эффективности и повышения надежности работы энергетических агрегатов различных отраслей промышленности.

Исследование некоторых групп частиц проводилось при помощи специального программного обеспечения. При расчете использовались некоторые специальные функции, например, гамма-функция или эйлеров интеграл второго рода. Эта функция для своего вычисления использует асимптотические ряды Стирлинга.

Программа позволяет рассчитывать характеристики излучения дисперсных систем и гетерогенных продуктов сгорания (интенсивность, спектральные и интегральные потоки и плотности потоков энергии излучения и степень черноты), радиационные характеристики единичного объема (спектральные коэффициенты ослабления, поглощения и рассеяния), путем решения интегро-дифференциального уравнения для поглощающей, излучающей и рассеивающей среды методом сферических гармоник. Также в программе рассчитываются радиационные характеристики единичных частиц (факторы эффективности и сечения поглощения, рассеяния и ослабления) и единичного объема (спектральные коэффициенты ослабления, поглощения и рассеяния) по теории Ми и различных приближений для больших и малых частиц.

При расчете характеристик исходными данными являются термо- и газодинамические параметры (температура, давление, массовая доля, состав и т.д.). Наиболее важный исходный параметр – комплексный показатель преломления

$$m = n_1 - n_2 \cdot i,$$

где n_1 – показатель преломления, n_2 – показатель поглощения частиц конденсированной фазы продуктов сгорания.

Показатель преломления n_1 определяет, с какой скоростью распространяется излучение в среде. Показатель поглощения n_2 показывает затухание амплитуды электромагнитных колебаний в веществе, которое обусловлено поглощением. Если $1/4\pi n_2 > 1$, то вещество считается слабо поглощающим, а если $1/4\pi n_2 < 1$, то сильно поглощающим. Комплексный показатель преломления определяет оптические свойства частиц конденсата.

В данной работе расчеты проводились для некоторых систем частиц:

1) $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (Котел БКЗ-210-140, Зола кузнецкого угля). Химический состав в % (по массе): $\text{SiO}_2=49\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3=25,2\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3=15\%$; $\text{CaO}=5,3\%$; $\text{MgO}=2,2\%$;

2) $\text{SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Котел ТОП-35/40). Химический состав в % (по массе): $\text{SiO}_2=45\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3=26\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3=13\%$; $\text{CaO}=5,5\%$; $\text{CuO}=4,2\%$; $\text{MgO}=3\%$;

3) $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Котел УЭЧМ-67). Химический состав в % (по массе): $\text{Al}_2\text{O}_3=90\%$; $\text{SiO}_2=0,9\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3=0,7\%$.

Исходными данными являлись: плотность пыли ρ , средний по удельной поверхности диаметр d_{cp} , химический состав по массе (в %-ном соотношении), толщина слоя $L=80$ мм. Также использовались такие параметры, как массовая доля Z , молярная масса μ , концентрации частиц, давление P , температура T и т.п. При расчете характеристик учитывалась газовая фаза, благодаря чему получены тонкие структуры.

Для указанных систем частиц рассчитаны радиационные характеристики индивидуальных частиц (сечения ослабления, поглощения и рассеяния) и единичного объема (спектральные коэффициенты ослабления, поглощения и рассеяния). Также рассчитаны спектральные и интегральные характеристики излучения, такие как плотность потока и степень черноты. По результатам расчетов были построены с помощью Excel графические зависимости характеристик от длины волны. Исходные данные для расчета поставленных задач взяты в [1] и [2].

С помощью проведенных расчетов можно качественно прогнозировать и планировать физический эксперимент, давать непосредственную интерпретацию результатам физического эксперимента, проводить сравнения рассчитанных данных с данными, полученными экспериментально.

Список публикаций:

- [1] Гильфанов Р.Г., Кандидатская диссертация на тему: Экспериментальное исследование эмиссионных свойств твердых дисперсных фаз в аэродинамическом потоке энерготехнологических агрегатов. Казань, 131 (2008).
- [2] Кузьмин В.А. Тепловое излучение в двигателях и энергетических установках. Киров: ООО «Фирма «Полекс», 231 (2004).
- [3] Латыев Л.Н., Петров В.А., Чеховской В.Я., Шестаков Е.Н. Излучательные свойства твердых материалов. Справочник. Под общ. ред. А.Е. Шейндлина. М., Энергия, 472 (1974).
- [4] Бартеньев О.В. Современный фортран. 3-е изд., доп. и перераб. М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 449 (2000).
- [5] Бояринцев Ю.Е., Узнадзе О.П. Об одном способе решения нестационарного уравнения переноса. Научные сообщения, Новосибирск (1966).

Исследование динамических процессов береговой зоны Горьковского водохранилища **Лобанов Дмитрий Николаевич(1)**

Хвостова Ольга Евгеньевна(1, 2)

1 - Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

2 - Национальный исследовательский университет "Высшая Школа Экономики"

Куркин Андрей Александрович, д.ф.-м.н.

mitroffan2@mail.ru

Создание крупных водохранилищ - один из важнейших факторов преобразования природной среды, хозяйства и условий жизни населения на нашей планете. Поэтому большое научное и практическое значение имеет их всестороннее изучение и попытки прогнозирования многообразных последствий их воздействия на природу и хозяйство. Как известно, подмыв водой склонов, а также переувлажнение подземными водами пород – это последствия создания водохранилищ и одновременно причины активизации большинства оползневых процессов. Согласно исследованиям Приволжского Регионального Центра Государственного Мониторинга Состояния Недр, выполненным на основе сравнительно-геологического анализа, была выявлена оползневая и селевая эрозия почв и размыв грунта вдоль побережья Горьковского водохранилища. Прогноз развития экзогенных геологических процессов, показал, что при сохранении существующего уровня водной поверхности водохранилища и ветрового режима, размываемые участки береговой линии, сохраняют унаследованный характер и ожидается размыв береговой линии. Эти исследования и определили направление нашей работы.

В настоящее время, в зависимости от конкретных условий оползневого склона, разработано и применяется на практике достаточно много методов определения оползневых смещений, большинство из которых основано на применении геодезических методов. Основной целью постановки систематических геодезических наблюдений (мониторинга) на оползневых склонах является получение максимально полной и наиболее достоверной информации о кинематических характеристиках развития оползневых смещений, как по площади склона, так и во времени.

Устойчивость склонов и откосов может быть оценена методом аналогий [1], а при необходимости выполняются соответствующие расчеты и моделирование [2]. Учитывая, что в каждом регионе грунты имеют свои генетические особенности, предпочтительнее при прогнозировании применять механико-математические расчеты устойчивости склонов и искусственных откосов. Так, например, существует группа методов, которая базируется на подборе наиболее опасной поверхности скольжения. Относительно недавно для оценки устойчивости склонов стали успешно применяться математико-статические методы [3].

Центральное место в борьбе с природными угрозами занимает разработка методики оценки рисков. Для оценки риска в настоящее время используются качественные, полуколичественные и количественные подходы. Качественная и полуколичественная оценка риска, как правило, основывается на суждении, а также квалификации и опыте специалистов и применяется в условиях недостатка данных. Для количественного определения опасности требуется соответственно количественная оценка факторов, способствующих возникновению риска.

В настоящей работе для оценки рисков возникновения оползней или возможности их активизации была использована вероятностная математическая модель, основанная на методе геодинамического потенциала [4]. Геодинамический потенциал вычисляется по формуле:

$$W_{\text{landside}} = 1 - \prod_{k=1}^m (1 - p_k).$$

где p_k - вероятность возникновения или активизации оползней в пределах площади с проявлением признаков k , относящихся к учитываемым при прогнозировании факторам. Для оценки риска активизации оползня привлекается информация по разнообразным факторам формирования и развития оползневых процессов.

В ходе работы была создана карта Горьковского водохранилища, на которой указаны наиболее опасные с точки зрения активизации оползневых процессов участки побережья. Также был произведен анализ воздействия факторов на формирование и активизацию оползней, определена вероятность возникновения ущерба и его ожидаемая величина.

В заключение важно отметить, что тот или иной метод нужно применять исходя из квалификации исследователя, количества геодезических данных об участке склона, количества времени, отведенного на исследование, и требуемой точности оценки. Иногда бывает ни к чему проводить масштабное изучение склона, чтобы просто дать приближенную оценку риска. Так, например, метод наименьших потерь позволяет в кратчайшие сроки даже при условии недостатка инженерно-геологических данных оценить степень риска исследуемого объекта [5]. В нашей работе метод геодинамического потенциала позволил нам дать приблизительную оценку оползневых процессов прибрежной зоны Горьковского водохранилища. Полученные результаты наглядно и достаточно полно описывают реальное состояние побережья, так как в расчет берутся не только стационарные параметры (строение, рельеф и др.), но и быстроменяющиеся (атмосферные осадки, температура, влажность).

Список публикаций:

- [1] Е.П. Емельянова Сравнительный метод оценки устойчивости склонов и прогноза оползней. - Москва : Недра, 1971.
- [2] Е.П. Емельянова Основные закономерности оползневых процессов. - Москва : Недра, 1972.
- [3] В.В. Симонян Результаты исследований по определению оползневых смещений с использованием теории случайных функций // Геоинформатика и мониторинг земель. – 2007.
- [4] И.И. Анисимова Определение факторов риска активизации оползней // Сборник тезисов, материалы Пятнадцатой Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых (ВНКСФ-15, Кемерово-Томск): материалы конференции, тезисы докладов: В 1 т. Т.1 -Екатеринбург - Кемерово: издательство АСФ России, 2009. С.528-529.
- [5] А.Н. Богомолов Д.В. Плешаков, С.И. Мацуй Оценка оползневого риска на основе методики наименьших потерь// Вестник волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. - Волгоград : Фортес, 2007 - 8(27).

Физический эксперимент с удаленным доступом на основе микроконтроллера

Пахоменко Анатолий Александрович

Томский государственный педагогический университет

Леонид Всеволодович Горчаков, д.ф.-м.н.

pahomenkooa@mail.ru

Дистанционное обучение сделало доступным получение качественного образования по любому возможному направлению для учащихся из удалённых населенных пунктов, а также для людей с ограниченными физическими способностями. Главное преимущество дистанционного обучения в том, что отсутствует необходимость в посещении аудиторных занятий, но в настоящее время существует проблема с выполнением дистанционных лабораторных работ на реальном оборудовании.

Целью данной работы является создание прототипа лабораторного комплекса, который будет соответствовать следующим требованиям:

- возможность выполнять лабораторную работу из любой операционной системы, имеющей Веб-браузер, что является актуальным в связи с увеличением количества пользователей с операционными системами "Linux".
- не требуется установка дополнительного программного обеспечения на компьютере пользователя.
- при выполнении лабораторной работы обязательно присутствие лаборанта.
- возможность выполнения лабораторной работы в любое время.
- возможность ведения контроля над выполнением лабораторной работы учащимся.
- защищенность от некорректных действий учащегося.
- расширяемость.

Для решения поставленной цели, при построении лабораторного комплекса за основу была взята современная плата MMnet101 из категории встраиваемых систем. Построена она на микроконтроллере фирмы "Atmel" и поддерживает операционную систему реального времени Nut/OS. Лабораторный комплекс имеет возможность выполнения лабораторных работ по сети, с доступом через Веб-браузер, а также возможно выполнение лабораторных работ в локальном режиме через интерфейс RS232, с необходимостью установки дополнительного программного обеспечения.

В настоящее время разрабатывается лабораторная работа по физике «Изучение затухающих колебаний», в качестве детектора колебаний используется шаговый двигатель, за основу данной работы были взяты материалы из [1]. В ходе разработки лабораторного комплекса нам удалось доказать его востребованность современным дистанционным образованием, перспективность и программно аппаратную реализуемость.

Список публикаций:

[1] Майер Р.В., Как стать компьютерным гением или книга об информационных системах и технологиях. – изд. Глазов, 2008 г - с.202

Система регистрации данных диагностики параметров плазмы методом томсоновского рассеяния на установках ГОЛ-3 и ГДЛ

Пурыга Екатерина Александровна

Иванова Алина Александровна, Иваненко Светлана Владимировна, Хильченко Александр Дмитриевич

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН

Хильченко Александр Дмитриевич, к.т.н.

shaunli@rambler.ru

В исследованиях по физике плазмы, связанных с проблемой управляемого термоядерного синтеза (УТС), широкое применение нашли диагностические методы, основанные на изучении рассеиваемого плазмой светового потока.

В частности, методика томсоновского рассеяния с помощью которой можно получить локальную информацию о температуре и плотности электронной компоненты плазмы с высоким пространственным и временным разрешением. На основе этого метода определения параметров плазмы была создана система регистрации на физических установках ГОЛ -3 и ГДЛ.

Исходными факторами, предопределившими выбор схемы построения измерительного комплекса этой системы, стали:

- низкая интенсивность и малая длительность рассеянного излучения, требующие применения для регистрации его спектральных составляющих широкополосных фотоприёмников, имеющих высокую чувствительность в ИК-диапазоне;

- многоканальность диагностики,

- работа комплекса ГОЛ-3 с плазмой относительно большой плотности, обладающей собственным мощным паразитным излучением, в том числе и в ИК- диапазоне.

С методической точки зрения последний фактор является наиболее существенным. Он не позволяет, из-за наличия на выходах фотоприемников большого фонового pedestal и наложенной на него паразитной шумовой компоненты, спектр которой накладывается на спектр рассеянного сигнала, применить традиционную методику регистрации, основанную на А-Ц преобразовании с предварительным интегрированием сигналов. Замена этой методики на цифровую осциллографическую, дополненную цифровыми методами обработки данных, привела к созданию измерительного комплекса, включающего в свой состав в качестве базовых элементов:

- модули фотоприёмников, построенные на основе лавинных фотодиодов С30659Е-1060 фирмы Perkin Elm,

- широкополосные модули регистрации, построенные на основе 12-разрядных АЦП с предельным значением частоты дискретизации 500МГц.

В качестве вспомогательных в состав комплекса включены:

- 8-ми канальные сетевые адаптеры, сопрягающие встроенные в фотоприемники узлы управления и контроля, реализованные на базе микроконтроллеров, с каналом связи Ethernet-10/100,

- модуль синхронизации, формирующий синхроимпульсы, задающие частоту дискретизации АЦП модулей регистрации,

- коммутатор каналов связи Ethernet-10/100/1000, с помощью которого все периферийные модули измерительного комплекса сопрягаются с сервером диагностики.

Каждый модуль фотоприемника включает в себя фотодиодный узел, управляемый DC-DC преобразователь, формирующий напряжение смещения фотодиода, необходимое для получения заданного оператором диагностики коэффициента усиления в лавинном режиме работы, усилитель выходного сигнала фотодиода и микроконтроллер. Встроенные в микроконтроллер ЦАП и АЦП используются для управления DC-DC преобразователем, контроля его выходного напряжения, температуры и темнового тока фотодиода. Прикладное программное обеспечение микроконтроллера обеспечивает периодическую передачу через вспомогательный модуль адаптера отсчетов АЦП серверу диагностики и использует эти данные для замыкания петли обратной связи, стабилизирующей коэффициент усиления фотодиода на заданном оператором уровне. Регулирующим параметром контура обратной связи служит напряжение смещения фотодиода. Построенный таким образом модуль фотоприемника имеет в полосе частот от 150КГц до 50МГц максимальное значение амплитуды выходного сигнала более 3В, среднеквадратичное значение шумовой компоненты на уровне милливольт, диапазон перестройки коэффициента передачи, – более 100, характерную длительность выходного импульса, - около 20нс (при той же длительности зондирующего сигнала). Широкий динамический диапазон изменения сигналов на выходах фотоприемников и их малая длительность предопределили необходимость оснащения диагностики регистраторами, обладающими адекватными техническими характеристиками. В настоящее время в их качестве используются обычные широкополосные цифровые осциллографы, амплитудный динамический диапазон (9бит) и динамическая точность (7.5 - 8бит) которых явно недостаточны. Опытные же образцы регистраторов универсального назначения разработки ИЯФ СО РАН, ориентированных на фиксацию формы сигналов широкополосных диагностик, в настоящее время находятся на этапе тестовых испытаний. Это двухканальные приборы, построенные на основе 12-ти разрядных АЦП с максимальным значением частоты дискретизации 500МГц и полосой рабочих частот измерительного тракта 0-150МГц. В указанной полосе частот они имеют динамическую погрешность не более 1.5 единицы младшего разряда. В эти приборы встроены узлы цифровой потоковой обработки отсчетов АЦП в режиме реального времени, буферные ЗУ, позволяющие фиксировать до $3 \cdot 10^6$ отсчетов АЦП в каждом измерительном тракте, а также контроллер канала связи Ethernet-10/100. Замена в ближайшие 2-3 месяца цифровых осциллографов описанными выше регистраторами позволит полностью завершить разработку измерительного комплекса, описанного в данной работе.

Стохастические динамические игры с информацией различного типа

Рубцова Екатерина Владимировна

Голубцов Петр Викторович

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Голубцов Петр Викторович

katia.ru@bk.ru

Данная работа посвящена проблеме стохастических динамических игр с информацией различного типа. Рассматриваются динамические игры с дискретным временем и стохастической средой в ситуациях с различными информационными структурами игры (и равновесием по Нэшу):

$$\begin{cases} \max_{P^\alpha} U^\alpha(R, P^\alpha, P^\alpha) \\ \max_{P^\beta} U^\beta(R, P^\alpha, P^\alpha) \end{cases} \quad (1)$$

где P^α, P^β - стратегии управления, U^α, U^β - суммарные пошаговые выигрыши, R - состояние системы.

Оказывается, что информационная структура игры, т.е. характер и объем доступной игрокам информации, а особенно асимметрия в поступающей к ним информации, оказывают неожиданное влияние на результаты игры - средние выигрыши игроков. Приводятся различные расчёты в виде графических зависимостей результатов работы компьютерного счёта. Описываются результаты компьютерного моделирования игр, в которых доступная игрокам информация оказывает влияние на выбор ими оптимальной стратегии игры (на поведение игроков).

В качестве примера рассматриваются функции выигрышей игроков для следующих ситуаций:

- оба игрока знают реализацию случайной величины, и исходя из этого максимизируют свой выигрыш
- один игрок знает реализацию случайной величины, а второй - только её математическое ожидание
- переход игроков от соперничества к кооперации
- рассматривается динамика установления равновесия по Нэшу и определяются последовательности оптимального реагирования
- рассматриваются «оптимистические» и «пессимистические» стратегии поведения игроков (ожидание наилучшего или наихудшего исходов)

В данной работе делаются выводы о влиянии информации на поведение игроков в стохастических играх для проанализированных конкретных ситуаций. При игре с неполной информацией наблюдается аналогичная ситуация, но существует область, в которой эта неполная информация приводит к более высоким их доходам по сравнению с полной информацией. При кооперативном поведении игроков (в частности, их симметричном доступе к информации) получаются ожидаемые результаты игры.

Рассмотренная задача имеет важное значение в теории управления, а также для описания систем с контекстным влиянием информации, для формализации понятия информации - семантической информации. Например, система, в которой среда выделяет сигнал о количестве других клеток (того же и/или иных видов) в окрестности данной клетки (феромон), в результате клетка может перестать делиться, изменить вирулентность, продуцировать антибиотик (чтобы бороться с конкурентами в среде), участвовать в образовании биопленки и т.п.

Список публикаций:

[1] Голубцов П.В., Любецкий В.А. // *Проблемы передачи информации*. 2003. 39:3. С.40–71.

[2] Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Семина Е.А. // *Теория игр*. М.: Высш. шк., Книжный дом «Университет». 1998.

[3] Fudenberg D., Tirole J. // *Game theory*. MIT Press, Massachusetts. 1992.

Программно-аппаратный комплекс для анаглифической визуализации 3D-объектов

Соснов Дмитрий Евгеньевич

Санкт-Петербургский государственный университет

Немнюгин Сергей Андреевич, к.ф.-м.н.

kot_dymok@bk.ru

Современные методы математического моделирования, а также системы контроля протекания физических экспериментов позволяют получать значительные массивы данных, представление которых в виде таблиц и диаграмм нецелесообразно. Используемые обычно для представления информации методы формирования проекций не обладают должным удобством для визуализации объектов, поскольку предполагают воображаемое пересечение проекций для создания полной сцены, что не всегда корректно выполняется человеческим мозгом, либо требует длительного времени для представления данных и мешает своевременному и адекватному восприятию представляемых результатов.

Одним из путей решения проблемы является визуализация результатов в виде трехмерных сцен, изменение которых свидетельствует о протекании тех или иных процессов. Однако, полноценное изображение трехмерных объектов на плоском экране невозможно [1]. В то же время, для 3D-представления результатов можно использовать методы анаглифики (наблюдение объемных объектов с использованием изображений, образующих стереопары). Для сепарации воспринимаемых каждым глазом изображений последние окрашиваются в различные цвета (метод цветных анаглифов) или проецируются на экран через поляризационные светофильтры (поляризационный метод). Изображения стереопары, наложенные друг на друга с некоторым линейным смещением (параллаксом), могут рассматриваться наблюдателем через разноцветные или поляризационные очки. При этом каждый глаз видит только "свое" изображение, что обеспечивается подбором соответствующей окраски стекол или направлений плоскостей поляризации светофильтров.

В данной работе рассмотрен вопрос визуализации 3D-объектов с использованием метода анаглифики и разработан программно-аппаратный комплекс для его обеспечения.

Существующие технологии создания трехмерных изображений основываются на обмане человеческой визуальной системы определения расстояния. Мозг использует как физиологические:

- аккомодация (изменение фокального расстояния зрачка при фокусировке на определенную пространственную область);
- конвергенция (поворот глаза при слежении за перемещением объектов);
- бинокулярное различие (различие в изображении, поступающим на правый и левый глаз, вызванном асимметричным расположением объекта);

так и психологические методы восприятия расстояний:

- линейная перспектива (уменьшение размера объекта с расстоянием);
- тени и затенения (количество света, падающего на поверхность, обратно пропорционально квадрату расстояния до нее);
- атмосферная перспектива (воздушная среда уменьшает четкость объектов и их контуров, а также проявляется в виде тумана или дымки);
- перекрытие объектов (объекты, находящиеся вблизи могут частично или полностью перекрывать другие объекты сцены, - это наиболее важный, а потому, наиболее часто используемый способ воспроизведения глубины объектов);
- сравнительный размеры (сопоставляя видимые размеры различных объектов, мозг оценивает относительное расстояние до них);
- цвет (светлые объекты кажутся расположенными дальше, чем темные).

Причем, чем больше методов удастся воспроизвести, изображая объемную сцену на плоскости, тем вероятнее восприятие мозгом многомерности этих объектов.

Современные методы математического моделирования позволяют рассчитать проекции трехмерного изображения с учетом многих из вышеперечисленных факторов. Наиболее сложным для воспроизведения без применения специальной техники просмотра является используемый в анаглифике фактор бинокулярного различия, где требуется разделить изображения, подаваемые на каждый глаз в отдельности. Для такого деления возможно использование цветовой сепарации изображения с помощью светофильтров (*рис.1*). При этом каждый глаз получает только часть спектра принимаемых световых лучей, а светофильтры являются взаимодополняющими, т.е. белый цвет достигается сложением цветов используемых светофильтров. Для изготовления взаимодополняющих светофильтров обычно используют цвета стандартных палитр: RGB или CMYK. В частности - пара красный – зелено-голубой (виду распространенности, будем считать, что красный светофильтр использован для левого глаза, а зелено-голубой – для правого).

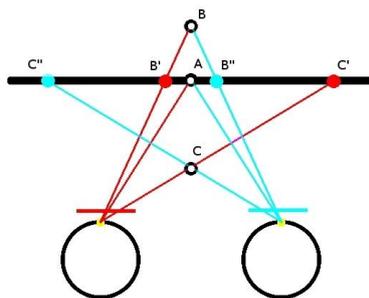


рис.1 Принципы анаглифики

В этом случае при сведении изображения от двух глаз достигается трехмерная анаглифическая картина. Точки объемного изображения, находящиеся для наблюдателя в плоскости изображения имеют горизонтальный параллакс равный нулю (*рис.1, точка A*). Точки объемной сцены, находящиеся дальше плоскости изображения (*точка B*), имеют положительный параллакс (проекция для левого глаза *B'* и для правого *B''*), а точки, расположенные ближе плоскости изображения (*точка C*), имеют отрицательный параллакс (проекции *C'* и *C''* соответственно).

В работе представлен вариант программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего создание 3D-изображений методами анаглифики. Для написания программного модуля использовали платформенно-независимую спецификацию OpenGL [2] и кросс-платформенный язык высокого уровня C++ [3]. С целью возможности перенесения разработанных программных средств без изменения кода, отвечающего за работу с оконным менеджером используемой операционной системы, использовали библиотеку утилит GLUT [2].

При реализации программно-аппаратного комплекса были использованы различные методы отрисовки изображений, позволяющие учитывать как местоположения и количество нескольких источников света, так и текстурирование и перекрывание объектов.

Список публикаций:

- [1] McAllister D.F. *Display Technology: Stereo & 3D Display Technologies*. - <http://research.csc.ncsu.edu/stereographics/wiley.pdf>
- [2] *OpenGL Programming Guide: The Official Guide to Learning OpenGL, Version 1.1, 2nd ed.* - Addison-Wesley Pub, 1997.- 650 p.
- [3] Стратуструп Б. *Язык программирования C++*. - Бином, 2007.- 1054 с.

Разработка блока питания рентгеновского источника фотоэлектронного спектрометра (ESCA 3201)

Тарасов Евгений Александрович
Кемеровский государственный университет
tarasow-ewgeniy@yandex.ru

В лаборатории фотоэлектронной спектроскопии физического факультета Кемеровского государственного университета находится фотоэлектронный спектрометр ESCA 3201.

Источником рентгеновских фотонов в нем служит рентгеновская трубка с анодом из алюминия. В обычной рентгеновской трубке термоэмиссионный поток электронов, испускаемый нитью накала катода, под действием высокого напряжения, приложенного между катодом и первичным анодом, ускоряется до необходимых энергий и попадает на анод, который сделан из материала, имеющего достаточно интенсивную и узкую линию характеристического излучения (Mg или Al). В результате взаимодействия с материалом анода генерируется рентгеновское излучение, которое анализируется системой.

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) позволяет определять энергии электронных уровней на основании измеренных кинетических энергий фотоэлектронов. Распределение эмитированных фотоэлектронов по кинетическим энергиям представляет собой фотоэлектронный спектр, характеризующий атомы вещества поверхности. Спектры рентгеновской фотоэмиссии несут в себе информацию о природе химической связи элементов и соединений. Интенсивность фотоэлектронных линий в спектре отражает плотность занятых электронных состояний в приповерхностном слое.

Блок питания рентгеновской трубки фотоэлектронного спектрометра устарел физически, так как представляет собой два линейных источника питания катода и анода, имеющие большую массу, габариты и низкие КПД. Он малопригоден для работы совместно с современными автоматическими системами управления научным экспериментом.

Целью работы является разработка нового блока питания рентгеновского источника излучения. Он должен иметь высокую точность стабилизации ускоряющего анодного напряжения и тока проходящего через рентгеновскую трубку, так как с изменением этих параметров изменяется интенсивность потока рентгеновских квантов и их энергия. В новом блоке питания должна быть предусмотрена регулировка и стабилизация анодного напряжения и тока, возможность включения его в автоматические системы управления.

Характеристики источника питания:

- Питание анода осуществляется максимальным напряжением до 15кВ и максимальным рабочим током до 15мА.(225Вт)
- Питание катода осуществляется максимальным напряжением до 15В и максимальным током до 10А.(150Вт)

Основная сложность при разработке данного блока состоит в том, что стабилизация анодного тока на имеющемся оборудовании происходит за счёт управления током эмиссии (катода).

В связи с требуемой мощностью нагрузки и сложностью питания рентгеновского источника, в основу блока была положена полумостовая топология импульсных источников питания с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Блок питания рассчитан на работу от сети переменного напряжения 220В, для подавления высокочастотных импульсных помех, электромагнитных помех, всплесков напряжения и ограничения сверхтока при запуске, используется сетевой фильтр. Вслед за фильтром располагается блок питания силовых инверторов. Для получения максимального напряжения питания анода (15кВ), последовательно за импульсным трансформатором был применен умножитель напряжения. Стабилизация напряжения и тока анода осуществляется ШИМ контроллерами, предназначенными для систем, работающих с обратной связью по току или напряжению с возможностью отслеживания возмущающих воздействий входного напряжения. Для

управления силовыми ключами используются интегральные драйвера на диодных оптронах, обеспечивающие высокий управляющий ток и позволяющие гальванически развязать схему управления от силовой части. Сигнал обратной связи анодного напряжения, подается через делитель напряжения, на не инвертирующий вход усилителя ошибки ШИМ контроллера, на инвертирующий вход усилителя ошибки с микроконтроллера подается опорное напряжение. Изменением величины опорного напряжения осуществляется возможность регулирования уровня напряжения и тока анода. Предусмотрены ручной и автоматический режимы управления БП. Для визуального отображения информации использован символа-генерирующий дисплей. Для питания интегральных драйверов, ШИМ контроллеров и МК спроектирован вспомогательный источник питания.

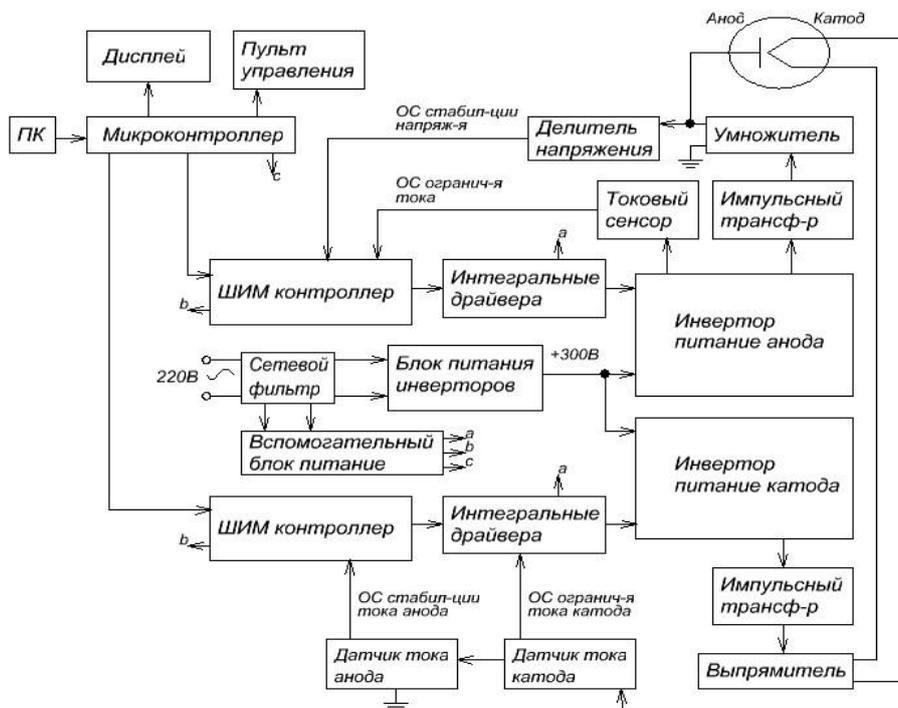


рис.1 Блок-схема БП рентгеновского источника.

В результате проделанной работы был спроектирован импульсный блок питания рентгеновского источника, проделаны расчеты всех электрических узлов схемы, проведены расчеты тепловых потерь, подобраны все требующиеся электронные компоненты. В данный момент проект находится на стадии практической реализации. А именно – произведено разбиение прибора на модули, разработаны монтажные печатные платы, часть плат изготовлено. Параллельно производится отладка программы для микроконтроллера на симуляторах.

Проектом предусматривается также сопряжение через UART с ПК - COM (MAX-232) или USB (FT245R) и написание базового ядра (ядра драйвера) для создания сервисного ПО.

Автоматизация физических экспериментов с помощью блока ввода-вывода данных RL-88AC

Терентьева Валентина Анатольевна
 Кислов Евгений Александрович, Скоморохов Денис Сергеевич
 Институт электрофизики УрО РАН
 Кузнецов Вадим Львович, д.т.н.
valentine-t86@mail.ru

В настоящее время промышленностью производится несколько типов многоканальных устройств ввода-вывода данных для автоматизации различных процессов. При проведении физических экспериментов подобные устройства позволяют организовать автоматическое управление и регистрацию данных по нескольким каналам. На базе двенадцатиканального восьмиканального блока ввода-вывода данных RL-88AC в лаборатории импульсных источников излучения Института электрофизики УрО РАН реализованы:

- Управление масс-спектрометром и запись масс-спектров.
- Регистрация автоэмиссионных характеристик высокоориентированных пирографитов.
- Регистрация предпробойных процессов на поверхности керамических изоляторов в вакууме.
- Управление установкой рентгеновского флуоресцентного спектрометра.

Система сбора данных RL-88AC является внешним по отношению к компьютеру блоком, который имеет отдельный источник питания и подключается к последовательному порту компьютера с помощью стандартного кабеля. Кабель может быть подключен через блок гальванической развязки с напряжением развязки до 1000 В. Аналоговые входы и аналоговые выходы прибора имеют диапазон напряжений $\pm 10\text{В}$. Для измерений со шкалой менее $\pm 10\text{В}$ использовались выносные дифференциальные усилители (с коэффициентом усиления до 200).

При управлении масс-спектрометром формирование сигнала, обеспечивающего развертку, производится по первому каналу ЦАП. Программно осуществляется выбор диапазона масс в выводимых на запись спектрах. Запись данных с выхода масс-спектрометра на ПК производится через первый канал АЦП, после чего в автоматическом режиме выполняется калибровка полученного спектра по реперным массам.

При регистрации вольт-амперных характеристик ЦАП RL-88AC формирует управляющий сигнал генератора развертки напряжения. Высокое напряжение в диапазоне $0\div 10\text{кВ}$ подается на анод измерительной ячейки. По каналам АЦП регистрируются напряжение на электродах измерительной ячейки, ток эмиссии, давление в вакуумном объеме и температура образца. Данные с вакуумметра (ВИТ-3) и термопары (ТП) предварительно усиливаются операционными усилителями.

Исследование предпробойных процессов проводилось по следующей схеме. Сигнал управляющего напряжения $0\div 10\text{В}$ с ЦАП поступает на источник, формирующий высокое напряжение в диапазоне $0\div 160\text{кВ}$. Высокое напряжение прикладывается к катодному узлу керамического изолятора рентгеновской трубки. В процессе ступенчатого увеличения напряжения производится регистрация нескольких потоков данных по каналам АЦП: общий ток, ток на фланец изолятора, ток на корпус рентгеновской трубки, уровень вакуума, масс-спектр. Масс-спектрометр при этом работает в режиме временной развертки, что позволяет определить, какие именно газы выделяются при протекании токов по поверхности изолятора. Параллельно осуществляется запись видеоряда предпробойных процессов.

В эксперименте по регистрации рентгеновских фотоэлектронных спектров по первому каналу ЦАП задается дискретный диапазон регулировки (шаг 2 В). Внутри этого диапазона через делитель формируется сигнал более точной регулировки по второму каналу ЦАП (шаг 2 мВ), после чего на операционном усилителе производится суммирование сигналов. По третьему каналу ЦАП формируется сигнал последовательно-параллельного преобразования для определения точного значения напряжения АЦП. Четвертый канал ЦАП используется для формирования тока фокусировки. Регистрация напряжения производится по 2 каналам АЦП. По третьему каналу АЦП регистрируется энергия настройки энергоанализатора.

Реализованные системы управления и сбора данных позволяют автоматизировать процесс проведения физического эксперимента и значительно упростить и ускорить сбор и обработку информации. Возможность управлять блоком ввода-вывода данных с ПК, используя собственное программное обеспечение, позволяет управлять процессом, изменяя множество параметров и представлять выходные данные в удобной для исследователя форме.

Разработка программного обеспечения на основе СУБД, предназначенного для хранения, обработки, систематизации и анализа акустической и другой сопутствующей информации о газовых «факелах»

Черных Денис Вячеславович

Институт физики и информационных технологии ДВГУ

Саломатин Александр Сергеевич, к.ф.-м.н.

azzielbub@mail.ru

Газовым «факелом» (*рис. 1*) называется выделение газов в виде всплывающих со дна пузырьков, которые образуют в водной толще устойчивые области их повышенной концентрации. На сегодняшний день газовые факелы (ГФ) зарегистрированы по всему миру от мексиканского залива, побережья Тихого океана, Северного, Черного, Охотского морей до озера Байкал. Прямые измерения показали, что в большинстве случаев основным компонентом пузырьков ГФ является метан. Изучение ГФ представляет интерес, как с научной, так и с практической точек зрения. В большинстве случаев ГФ регистрируются в местах скопления субмаринных

газогидратов метана, вещества, образующегося из метана и воды при низких температурах и высоком давлении, которое рассматривается как потенциальный резерв углеводородного сырья. С другой стороны, ГФ является эффективным инструментом переноса метана из морского дна в водную толщу и атмосферу. Оценки потока метана в атмосферу необходимы при решении задач глобального изменения климата, поскольку метан является эффективным тепличным газом. ГФ оказывают влияние и на вертикальный транспорт кислорода, бактерий, осадков и других веществ.

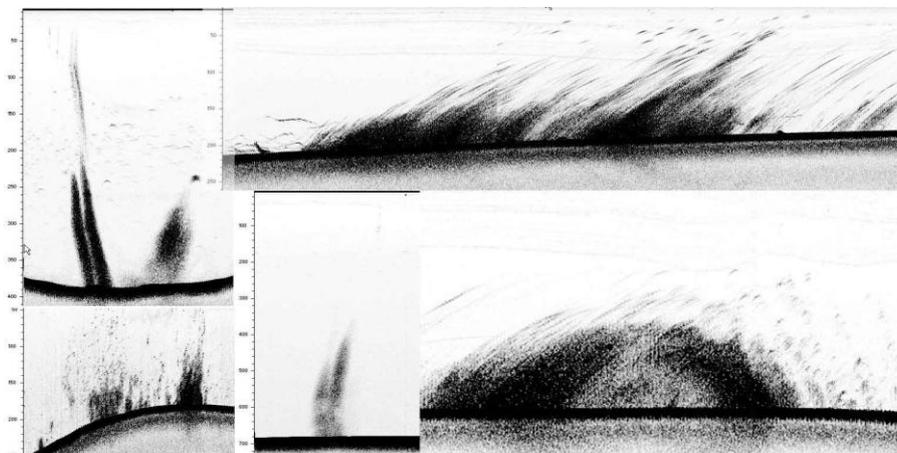


рис.1. Газовые факелы, зарегистрированные в Охотском море на различных частотах.

Система управления базами данных (СУБД) — специализированная программа, предназначенная для организации и ведения базы данных. Основными функциями СУБД являются: управление данными во внешней памяти (на дисках); управление данными в оперативной памяти с использованием дискового кеша; журнализация изменений, резервное копирование и восстановление базы данных (БД) после сбоев; поддержка языков БД (язык определения данных, язык манипулирования данными). Обычно СУБД содержит следующие компоненты: ядро, которое отвечает за управление данными во внешней и оперативной памяти; журнализацию; процессор языка базы данных, обеспечивающий оптимизацию запросов на извлечение и изменение данных и создание, как правило, машинно-независимого исполняемого внутреннего кода; подсистему поддержки времени исполнения, которая интерпретирует программы манипуляции данными, создающие пользовательский интерфейс с СУБД.

В период с 2002 по 2008 г. были проведены исследования скопления ГФ у северо-восточного склона о. Сахалин, где сосредоточено большинство известных ГФ Охотского моря. В ходе этих исследований было зарегистрировано 913 ГФ. Из-за большого числа зарегистрированных ГФ и характеризующей их информации (координаты ГФ, курс судна, высота ГФ и т.д.) было принято решение разработать БД. БД разрабатывалась на основе Microsoft Office Access 2003 — реляционной СУБД корпорации Microsoft. Access имеет широкий спектр функций, включая связанные запросы, связь с внешними таблицами и базами данных. Благодаря встроенному языку VBA, в самом Access можно писать приложения, работающие с базами данных.

Разработанная БД содержит в себе данные, полученные в период с 2002 по 2008 г. Она позволяет проводить анализ хранящихся в ней данных и экспортировать их в любой из форматов, для которых поддерживается операция импорта данных, в том числе в текстовые файлы, электронные таблицы, документы HTML и XML и составные документы Microsoft Word. Используя разработанную БД, был построен график распределения ГФ по глубинам (рис.2) и вычислены координаты точного положения ГФ в пространстве.



рис.2 График распределения ГФ по глубинам.

Моделирование динамики электронного потока в скрещенных полях на кластере центральных и графических процессорных устройств

Шамов Евгений Александрович

Волгоградский государственный технический университет

Шеин Александр Георгиевич, д.ф.-м.н.

neuro_mind@mail.ru

На сегодняшний день, хотя мощность суперкомпьютеров и велика, существуют задачи, требующие больших вычислительных мощностей. Одним из таких направлений является моделирование динамики различных объектов, а частным случаем является моделирование динамики электронного потока, которое является приоритетным направлением исследований в современной науке. Причина популярности данного направления определяется множеством факторов такими как: влияние солнечной активности на озоновый слой атмосферы и здоровье человека, электромагнитное оружие, радиолокация, радиопротиводействие, радионавигация, промышленный нагрев и т.д. Моделирование динамики электронного потока дает возможность производить исследование процессов, недоступных для непосредственного изучения в реальных приборах [1,2]. Динамика электронного потока описывается следующей формулой:

$$\partial v / \partial t = e / m \{ E_0 + E_p + [v_i B_0] \}, \quad (1)$$

где E_0 и B_0 - векторы напряженности и магнитной индукции статического поля соответственно, E_p - напряженность поля в месте расположения частицы, обусловленное кулоновским взаимодействием частиц, v_i - вектор скорости i -ой частицы. При моделировании учитывается взаимодействие частиц друг с другом, а также с электрическим и магнитным полями. Для расчета взаимодействия между частицами электронного потока, представляемыми в виде материальных точек, используется метод «частица-частица». Это в свою очередь приводит к квадратичной зависимости времени расчета от количества частиц в потоке. Так же для моделирования используется метод «крупных частиц». Метод значительно сокращает сложность расчета, но приводит к неточностям при учете сил пространственного заряда. Поэтому, чем больше частиц, тем точнее расчет [3]. В ходе исследований было выявлено, что использовать и строить мощные кластеры дорого и недостаточно эффективно. Использование графического процессорного устройства (ГПУ) хотя и не дорогое удовольствие, но не дает возможности рассчитывать потоки более чем $2 \cdot 10^7$ частиц за приемлемое время (месяц).

Естественным шагом, пожалуй, стало создание гибрида кластера и ГПУ, то есть создание кластера центральных и графических процессорных устройств. Данный гибрид позволяет за небольшую цену (более чем на порядок ниже, чем цена кластера с эквивалентной мощностью) рассчитывать электронные потоки размерностей порядка 10^{10} частиц и даже более. Преимущества данного гибрида не только в цене, но и в энергопотреблении, площади занимаемого помещения и т.д. К примеру, кластер центральных процессорных устройств (ЦПУ) и графических процессорных устройств, собранный на базе Волгоградского Государственного Технического Университета, кафедры ЭВМ и Систем, содержит 10 ГПУ NVIDIA GTX 260, что соответствует реальной мощности в 5-6 Tflors плюс мощность процессоров, то есть реальная суммарная мощность около 6 Tflors. Стоимость же такого кластера около 300-350 тыс. рублей.

Для выявления тенденций и закономерностей при моделировании электронного потока в скрещенных полях был проведен ряд экспериментов. Результаты сравнения кластера содержащего 68 ядер (все процессоры - Intel Xeon/Quad 3 ГГц) и одного ядра процессора Intel Xeon/Quad 3 ГГц представлены в таблице:

Число электронов в потоке	Время расчета на одном ядре Intel Xeon/Quad 3 ГГц, с	Время расчета, MPI+OpenMP, с	Ускорение
20000	234	11	21,3
50000	1232	33	37,3
100000	4781	117	40,9
200000	18670	385	48,5
500000	117124	2099	55,8
1000000	468496	7718	60,7

Результаты сравнения одного ГПУ GTX 260 (Nvidia CUDA) и одного ядра процессора Intel Xeon/Quad 3 ГГц представлены в следующей таблице:

Число электронов в потоке	Время расчета на одном ядре Intel Xeon/Quad 3 ГГц, с	Время расчета, Nvidia CUDA, с	Ускорение
20000	234	24	9,8
50000	1232	55	22,4
100000	4781	138	34,6
200000	18670	489	38,2
500000	117124	2763	42,4
1000000	468496	11050	42,5

Результаты сравнения кластера ЦПУ и ГПУ содержащего 32 ядра (все процессоры - Intel Xeon/Quad 3 ГГц) и 10 ГПУ GTX 260 и одного ядра процессора Intel Xeon/Quad 3 ГГц представлены в таблице:

Число электронов в потоке	Аппроксимированное время расчета на одном ядре Intel Xeon/Quad 3 ГГц, с	Время расчета на кластере ЦПУ и ГПУ, с	Ускорение
50000	1232	48,03	25,7
100000	4781	80,01	59,8
200000	18670	96,7	193
500000	117124	314	373
1000000	468496	1145	409
2000000	1873984	4494	417
4000000	7495936	17847	420

Проведем анализ результатов экспериментов, занесенных в таблицы. Технология NVIDIA CUDA (таблица №2) является очень дешевым и эффективным средством распараллеливания. Однако из сравнения NVIDIA CUDA (таблица №2) и MPI+OpenMP (таблица №1) можно сделать однозначный вывод, что гибридные технологии MPI+OpenMP, в отличие от NVIDIA CUDA, ограничивают число ядер кластера и размерность задачи, где число ядер можно легко увеличить добавив в кластер дополнительные узлы. На кластер накладывается еще одно важное ограничение – распределенная память, что сужает круг задач в сравнении с технологией OpenMP, которая используется для распараллеливания на уровне потоков (задействует все ядра компьютера). Кластер ЦПУ и ГПУ (таблица №3) является самым высокопроизводительным и дешевым, но имеет наибольшее число ограничений и соответственно позволяет эффективно решать наиболее узкий круг задач.

В итоге кластер ЦПУ и ГПУ ВолгГТУ (содержащий 8 узлов с 10 ГПУ GTX 260) примерно равен по мощности кластеру из 120 узлов с процессорами Intel Xeon/Quad 3 ГГц при моделировании динамики электронного потока. Аналогичные результаты будут получены и при моделировании динамики произвольных объектов, так как задачи, по своей сути, однотипные. Из выше описанного можно сделать вывод о том, что моделирование динамики произвольных объектов невозможно без параллельного программирования, так как параллельное программирование, в данном случае, позволяет получать наиболее точные результаты за наиболее короткое время. Какую аппаратуру и технологии использовать зависит от конкретной задачи. Однако наибольшей производительностью и одновременно наименьшей ценой обладает кластер ЦПУ и ГПУ.

Список публикаций:

- [1] Калинин, Ю.А. Сложная динамика и явление динамического хаоса в потоке заряженных частиц, формируемом магнетронно-инжекционной пушкой (численный и физический эксперимент) [Текст] // Ю.А. Калинин, В.Н. Кожевников, А.Г. Лазерсон // ЖТФ. – 2000. – Т.70. – Вып. 7. – С. 83-91.
- [2] Шейн, А.Г., Спектральные характеристики ленточного электронного потока в скрещенных полях [Текст] // А.Г. Шейн, Р.А. Евдокимов // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2002. – №8 – С. 4-8.
- [3] Шейн А.Г., Шамов Е.А. Стохастическая модель динамики плоского электронного потока в скрещенных статических электрическом и магнитном полях. Известия ВолгГТУ. Серия Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. Выпуск 3. 2009.

Расчет оптимального управляющего поля для реализации квантовых логических операций на квадрупольных ядрах со спином $I=1$ методом ЯМР

Шауро Виталий Павлович

Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН

Зобов Владимир Евгеньевич, д.ф.-м.н.

Shaurkin@hotmail.com

К настоящему времени предложено множество различных моделей физических систем, которые могут служить прототипом квантового компьютера. Наибольший успех в реализации экспериментов по квантовым вычислениям достигнут в области ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Более чем за полувековую историю ЯМР разработано множество методов для структурного анализа вещества. В контексте квантовых вычислений, эти методы применяются для решения обратной задачи - управления состоянием отдельных атомов и молекул с известными параметрами взаимодействий.

Одной из основных проблем, связанных с ЯМР-реализацией квантовых вычислений, остается разработка эффективных методов управления спиновыми системами. Необходимо не только с достаточной точностью выполнять логические операции на квантовых состояниях, но и затрачивать на это минимально возможное время, поскольку длительность ЯМР-эксперимента всегда ограничена временем релаксации (декогерентизации). Для простых двухуровневых моделей (кубитов) зачастую удается найти аналитическое решение задачи управления. Однако больший интерес представляют многоуровневые системы (кудиты), поскольку использование кудитов в качестве элементной базы квантового компьютера, как ожидается, даст ряд преимуществ по сравнению с кубитами. С другой стороны, при решении задачи управления для сложных многоуровневых систем возникает множество проблем. Так, например, радиочастотное (РЧ) магнитное поле, селективно возбуждающее отдельные состояния квадрупольного ядра со спином $I > 1/2$, легко рассчитать в

пределе слабого поля $u \ll q$, где u - амплитуда управляющего РЧ поля и q - величина квадрупольного взаимодействия. Однако в случае слабого квадрупольного взаимодействия (в жидких кристаллах) данное решение может привести к тому, что длительность РЧ импульсов станет сопоставима со временем релаксации. В работе [1] для селективного управления спином найдены последовательности РЧ импульсов с большой амплитудой ($u \gg q$), разделенные интервалами свободной эволюции. Минимальная длительность таких последовательностей, равная суммарной длительности интервалов свободной эволюции, значительно короче простых селективных импульсов ($u \ll q$). Тем не менее, данные импульсные последовательности трудно реализовать на практике.

В наиболее интересной области $u \sim q$ найти решение аналитическими методами не удастся. В связи с этим, в последние годы для поиска управляющих полей в ЯМР и смежных областях широко используются численные методы оптимизации. В данной работе мы используем алгоритм GRAPE [2] для нахождения оптимального управления с целью реализации простейших квантовых логических операторов (вентилей) на трехуровневой системе - квадрупольном ядре со спином $I = 1$. Гамильтониан системы имеет вид:

$$H = (\omega_f - \omega_0)I_z + q(I_z^2 - I(I+1)) + u_x(t)I_x + u_y(t)I_y.$$

Здесь I_α - оператор проекции спина I на ось α , ω_0 - ларморовская частота, ω_f - частота управляющего поля, q - величина квадрупольного взаимодействия ядра с внешним аксиально-симметричным кристаллическим полем, u_α - проекция управляющего РЧ поля на ось α ($\alpha = x, y$). Данная система рассматривается в качестве кутрита - квантового логического элемента с тремя базисными состояниями.

Мы рассмотрели основные однокутритные вентили - селективный поворот (СП) и квантовое преобразование Фурье (КПФ), а также двухкутритный вентиль SUM, являющийся обобщением оператора контролируемого НЕ (CNOT) на кубитах. Для нахождения управляющего поля $u(t)$ необходимо максимизировать производящую функцию $\Phi = |\text{Tr}(U_0^+ U(T))|^2$, где U_0 - получаемый логический оператор и $U(T)$ - оператор эволюции системы с гамильтонианом H в течение времени T . Мы вычисляем градиент $\delta\Phi / \delta u_\alpha(t)$ согласно формулам из [2] и обновляем амплитуду поля $u(t)$ на следующем шаге:

$$u_\alpha(t) \rightarrow u_\alpha(t) + \varepsilon \frac{\delta\Phi}{\delta u_\alpha(t)}.$$

Для улучшения сходимости параметр ε подбирался линейным поиском минимума функции Φ вдоль направления градиента с помощью симплексного метода. Хотя данный метод поиска управляющего поля является локальным, в большинстве случаев при хороших начальных условиях алгоритм сходится к приемлемым решениям с гладкой формой импульса и амплитудой поля $u \sim q$.

Расчет $u(t)$ при различных длительностях T действия РЧ поля позволяет оценить минимальное время, за которое можно выполнить требуемую логическую операцию при допустимой ошибке конечного преобразования. Данная оценка была выполнена для вентиля СП и КПФ. Численный анализ показал, что минимальное время для реализации вентиля СП близко к аналитическим предельным значениям из [1] при различных углах поворота. В случае КПФ, при прямом поиске управляющего поля для реализации данного оператора, длительность операции удалось сократить в 1.7 раза по сравнению с реализацией КПФ с помощью последовательности операторов СП [3]. Во всех случаях наличие минимального времени согласуется с общей теорией управления квантовыми системами.

При расчете управляющего поля для двухкутритного оператора SUM полученное решение имеет более сложную временную зависимость $u(t)$. Это объясняется наличием новых механизмов возникновения ошибок, которые необходимо учитывать при вычислении оптимального управления. Во-первых, появление новых слагаемых в гамильтониане (зеэмановский и квадрупольный вклад от второго спина и спин-спиновое взаимодействие) приводит к дополнительной разнице фаз между состояниями системы. Во-вторых, поскольку РЧ поле одновременно действует на оба спина, неизбежно возбуждаются переходы между состояниями первого спина, что также вносит нежелательную разницу фаз в течение эволюции. Для устранения этих ошибок алгоритм подбирает сложное управляющее поле, имеющее многочастотный спектр. Тем не менее, полученное численное решение дает меньшую ошибку и длительность вентиля SUM, чем другие известные схемы реализации этого оператора [4].

На основе вентиля СП, КПФ и SUM могут быть построены сложные схемы, выполняющие квантовые алгоритмы. Оптимальная по ошибке и времени реализация этих операторов важна для создания эффективных

квантовых схем на многокутритных системах. Результаты, полученные в работе, будут полезны при проектировании экспериментов по квантовым вычислениям на квадрупольных ядрах, а программа для поиска оптимального управления может быть легко адаптирована для расчета полей на реальных системах и имеющемся экспериментальном оборудовании.

Работа выполнена при поддержке фонда некоммерческих программ "Династия".

Список публикаций:

[1] В.Е. Зобов, В.П. Шауро. *ЖЭТФ*, том 135, вып. 1 (2009).

[2] N. Khaneja, T. Reiss, C. Kehlet et al, *J. Magn. Res.* 172 (2005).

[3] А. С. Ермилов, В. Е. Зобов, *Оптика и спектроскопия*, 103, 994 (2007).

[4] В.П. Шауро, Д.И. Пехтерев, В.Е. Зобов, *Известия высших учебных заведений. Физика*, 6 (2007).

Канал обработки сигналов «башен» жидко-ксенонового калориметра детектора КМД-3

Эпштейн Леонид Борисович

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН

Юдин Юрий Валерьевич, к.т.н.

L.B.Epshteyn@inp.nsk.su

В настоящее время в Институте Ядерной Физики им. Г.И. Будкера СОРАН заканчивается строительство электрон-позитронного коллайдера ВЭПП–2000, с максимальной энергией до 2 ГэВ в системе центра масс. Параллельно с созданием нового ускорительного комплекса завершаются работы по изготовлению Криогенного Магнитного Детектора (КМД-3). Детектор КМД-3 – это универсальный детектор, позволяющий регистрировать и измерять с высокой точностью параметры заряженных частиц и фотонов. Одной из задач экспериментов на КМД-3 является изучение рождения адронов при электрон-позитронной аннигиляции. Важным примером такого процесса является рождение нейтрон-антинейтронной пары вблизи порога. Отличительной чертой этого процесса является большое энерговыделение в цилиндрическом и торцевом калориметрах. Обычно, аннигиляция антинейтрона в цилиндрическом калориметре происходит через 5 нс после столкновения пучков или позже. Для идентификации таких событий необходимо определять время появления сигнала с точностью в несколько наносекунд. При этом определение момента появления сигнала и распознавание события с аннигиляцией антинейтрона должно выполняться в режиме Он-лайн за 1,1 микросекунду после момента столкновения пучков таким образом, чтобы сигнал-"метка" предполагаемого антинейтронного события мог быть учтён Первичным Триггером для запуска измерений.

Цилиндрический калориметр детектора КМД-3 на основе жидкого ксенона (LXe-калориметр) предназначен для измерения энергии и координат заряженных частиц и фотонов, а также для определения ионизационных потерь (dE/dx) заряженных частиц и получения информации о продольном развитии ливня. Жидко-ксеноновый калориметр состоит из набора ионизационных камер с катодным и анодным считыванием. Ионизационные камеры LXe-калориметра расположены вокруг общей оси на возрастающих радиусах. Анодные поверхности разделены на ячейки: 8 ячеек вдоль оси и 33 ячейки по азимуту. Анодные ячейки всех слоёв электрически соединены в "башни", направленные примерно к центру детектора. Сигнал в ионизационной камере образуется следующий образом: электроны ионизации, оставленные от пролета частицы, начинают двигаться в сторону анода, при этом ионизированный участок равномерно укорачивается по мере движения. Поэтому импульс тока с одного анода в типичном случае, когда трек частицы проходит через весь зазор насквозь, представляет собой импульс тока с приблизительно линейным спадом, и с длительностью примерно 4.5 мкс. Если же трек пронизывает только часть зазора около катода или анода, то получится токовый импульс, являющийся частью "полного" треугольного импульса. Сигнал с "башни" является суммой импульсов с тех зазоров, в которых произошла ионизация; поэтому амплитуда и форма сигнала в конкретном событии зависят от энерговыделения и расположения треков в объёме калориметра.

Сигналы башен несут информацию об энерговыделении и о времени появления частицы в калориметре. Эти сигналы достаточно быстрые, поэтому их можно использовать не только для измерения энергии частиц, но и для временной привязки запуска измерений к конкретному событию, а также для распознавания событий, в которых произошло рождение антинейтрона с последующей его аннигиляцией. Характерный признак антинейтронных событий – аннигиляция антинейтрона происходящая примерно через 4.5 нс и более после момента столкновения пучков. Предварительные оценки показали, что из-за ограниченной точности измерения времени распознать все такие события не представляется возможным. Поэтому была поставлена задача – выделить из фона события с запаздыванием более 10 нс при энерговыделениях от 150 МэВ и обеспечить запуск измерений по таким событиям.

Трудность поставленной задачи усугубляется следующим обстоятельством. Физические параметры башен калориметра таковы, что наилучшее временное разрешение получается тогда, когда головным элементом электронного тракта является Зарядо Чувствительный Усилитель (ЗЧУ), а сформированный сигнал имеет время нарастания около 1 нс. Из-за различия форм сигналов башен форма нарастающего участка сформированного сигнала различается от события к событию. Амплитуда сигнала определяется в основном энергосвободением и в антинейтронных событиях может различаться почти на порядок, а различия формы фронта вносят значительную погрешность при выработке сигнала временной отметки с помощью дискриминатора любого типа.

Учитывая вышеизложенное, было предложено реализовать "башенную" электронику с использованием цифровой обработки сигналов. Это позволяет реализовать измерение времени прихода сигнала и его амплитуды с помощью одного электронного блока, причём параметры двух алгоритмов обработки сигнала – измеряющего амплитуду и время – оптимизированы отдельно для определения соответствующих величин. С помощью введения коррекции можно уменьшить погрешности, вносимые различием формы входных сигналов, и, таким образом, добиться лучшей точности измерения и амплитуды, и времени.

Чтобы подобрать оптимальные параметры измерительного канала и алгоритма обработки сигналов и определить достижимое временное разрешение, было проведено подробное моделирование. Вклад шумов электроники во временное разрешение моделировался с использованием метода Монте-Карло. Влияние различий форм входных сигналов оценивалось на примере 3 случаев расположения треков в калориметре (трек пронизывает всю толщину зазора, трек пронизывает 1 зазор и $\frac{1}{3}$ зазора около катода, трек пронизывает 1 зазор и $\frac{1}{3}$ зазора около анода). Эти события дают представление о реакции электроники на большинство интересных сигналов.

Моделирование показало, что при столь значительных различиях (по амплитуде и форме) сигналов, которые необходимо регистрировать, для выработки временной отметки нужно использовать "Дискриминатор со следящим порогом", причём для достижения требуемого временного разрешения необходимо вводить коррекцию, компенсирующую влияние различий формы входного сигнала. Так же по результатам моделирования получено, что требуемое временное разрешение (2÷3) нс в интересующем нас диапазоне энергий может быть достигнуто.

К настоящему моменту создан и протестирован на стенде прототип блока башенной электроники жидко-ксенонового калориметра. Результаты тестирования прототипа показали, что его параметры близки к расчетным и в основном удовлетворяют техническим требованиям. Это позволяет надеяться, что при дальнейшем тестировании блока на детекторе и измерении временного разрешения и амплитуды, они так же будут удовлетворять требованиям, предъявляемым к блоку.

Моделирование взаимодействия электрических зарядов с использованием компьютерных технологий

Яковлев Александр Юрьевич

Архангельский государственный технический университет

Комарова Галина Тимофеевна, Берденникова Марина Геннадьевна

programmistt@rambler.ru

Широкое внедрение компьютерных технологий в образовательный процесс и постоянное расширение их возможностей приводят к тому, что они становятся неотъемлемой частью занятий, как практических, так и лекционных. Современные компьютерные технологии позволяют при проведении занятий вместо реального эксперимента, который может быть труднореализуемым вследствие малой наглядности, использовать компьютерные демонстрации.

Для изучения темы «Электростатика» автором разработана компьютерная программа «Демонстрация взаимодействия зарядов» на базе программной платформы .NET Framework. Программа предназначена для определения силы взаимодействия точечных зарядов и изучения характеристик электростатического поля любой системы зарядов (один заряд, диполь или любое случайное множество зарядов) (рис. 1).

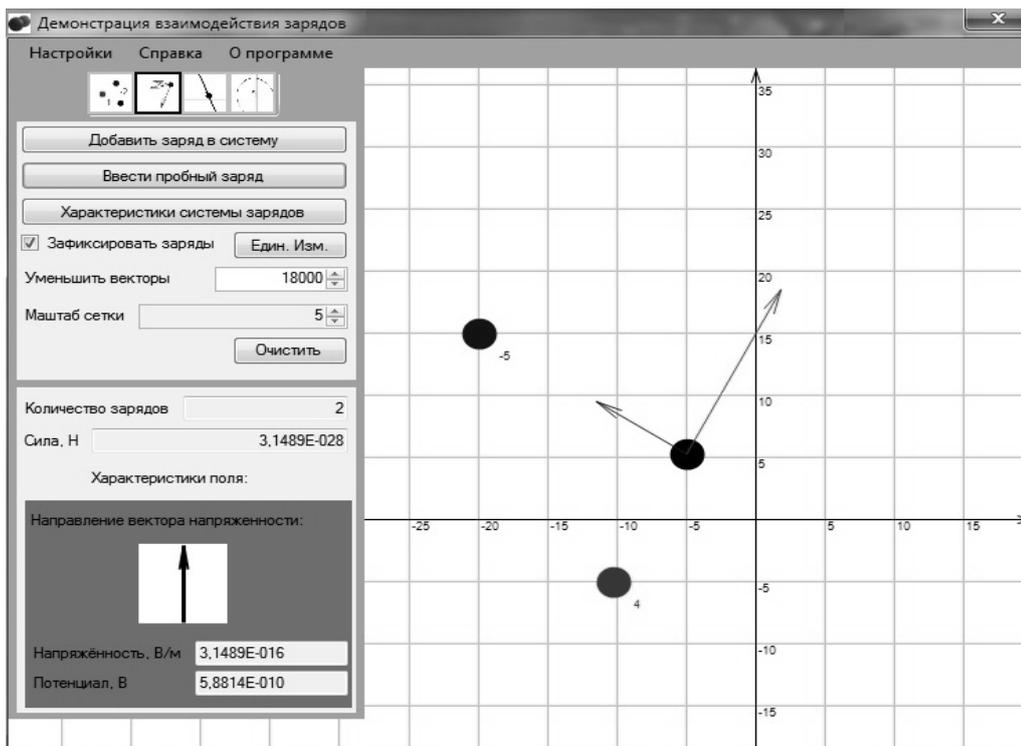


рис.1 Окно «Взаимодействие зарядов»

В предлагаемой программе реализованы три режима демонстрации свойств электростатического поля:

1) демонстрация направления векторов сил и напряжённостей электростатического поля системы точечных зарядов, что позволяет исследовать напряжённость электростатического поля, создаваемого точечным зарядом. Изменение положения точечного заряда в данном режиме позволяет оценить соотношение длин векторов сил и напряжённостей электростатического поля, а также пронаблюдать изменение направления результирующих векторов;

2) демонстрация эквипотенциальной поверхности проходящей через точечный заряд позволяет исследовать свойства эквипотенциальной поверхности и ввести понятие потенциала, как энергетической характеристики электростатического поля. В данном режиме пользователь может исследовать как зафиксированную эквипотенциальную поверхность, так и пронаблюдать изменение формы эквипотенциальной поверхности, в зависимости от источников электрического поля;

3) демонстрация схематичного вида электростатического поля позволяет наглядно представить электростатическое поле множеством различных эквипотенциальных поверхностей.

Разработанная программа, содержит теоретический материал по теме «Электростатика», которым можно воспользоваться в любой момент при работе с программой, чтобы использовать ее в качестве обучающей.

При работе с данной программой для большей наглядности или более точного определения координат расположения точечных зарядов, а также изображаемых векторов имеется возможность изменения их масштабов и цены деления координатных осей.

Компьютерная программа «Демонстрация взаимодействие зарядов» может использоваться как на лекционных, так и на практических (лабораторных) занятиях. На основе созданной компьютерной программы уже разработаны две компьютерные лабораторные работы «Исследование поля точечного заряда», «Исследование поля диполя», которые используются в процессе проведения лабораторных занятий на кафедре физики Архангельского государственного технического университета.