

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ПРАВИТЕЛЬСТВО НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ  
КОМИССИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ЮНЕСКО  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МАТЕРИАЛЫ  
51-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**«Студент и научно-технический прогресс»**

**12–18 апреля 2013 г.**

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИКА  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

**Новосибирск  
2013**

УДК 53  
ББК 22.3+32

Материалы 51-й Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: Инструментальные методы и техника экспериментальной физики / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2013. 61 с.

Конференция проводится при поддержке Президиума Сибирского отделения Российской академии наук, Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Новосибирской области, Комиссии РФ по делам ЮНЕСКО, Технопарка Новосибирского Академгородка.

Научный руководитель секции – д-р физ.-мат. наук, проф. Ю. А. Тихонов.  
Председатель секции – канд. физ.-мат. наук, доцент И. Б. Логашенко.  
Секретарь секции - канд. техн. наук. В. В. Жуланов.

**Экспертный совет секции:**

д-р техн. наук, проф. А. М. Батраков,  
канд. техн. наук, доцент Е. В. Козырев,  
канд. техн. наук, доцент К. Ф. Лысаков,  
доцент М. Ю. Шадрин.

**RUSSIAN FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE  
SIBERIAN BRANCH OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
NOVOSIBIRSK REGION GOVERNMENT  
COMMISSION OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR UNESCO  
NOVOSIBIRSK NATIONAL RESEARCH STATE UNIVERISTY**

**PROCEEDINGS  
OF THE 51st INTERNATIONAL STUDENTS  
SCIENTIFIC CONFERENCE**

**«STUDENTS AND PROGRESS IN SCIENCE AND TECHNOLOGY»**

**April, 12–18, 2013**

**INSTRUMENTAL METHODS AND TECHNOLOGIES  
OF EXPERIMENTAL PHYSICS**

**Novosibirsk, Russian Federation  
2013**

Proceedings of the 51<sup>st</sup> International Students Scientific Conference «*Students and Progress in Science and Technology*». Instrumental methods and technologies of experimental physics / Novosibirsk State University. Novosibirsk, Russian Federation. 2013. 61 pp.

The conference is held with the significant support of Presidium of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russian Foundation for Basic Research, Novosibirsk Region Government, Commission of the Russian Federation for UNESCO, Technopark of Novosibirsk Academgorodok.

Section scientific supervisor – Dr. Phys. Math., Prof. Yu. A. Tikhonov.

Section heads – Cand. Phys. Math., Assoc. Prof. I. B. Logashenko.

Responsible secretary – Cand. Tech. V. V. Zhulanov.

**Section scientific committee:**

Dr. Tech., Prof. A. M. Batrakov,

Cand. Tech., Assoc. Prof. E. V. Kozyrev,

Cand. Tech., Assoc. Prof. K. F. Lysakov,

Assoc. Prof. M. Yu. Shadrin.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

УДК 535.233.4

## ПИРОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В МИНЕРАЛАХ ПРИ ЛАЗЕРНОМ АРГОН-АРГОНОВОМ ДАТИРОВАНИИ

Д. В. Алексеев

Новосибирский государственный технический университет  
Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск

Аргон-аргоновый метод датирования является одним из самых востребованных методов определения возраста горных пород и минералов. Выделение аргона, по изотопному составу которого определяется возраст, во многих случаях осуществляется с помощью лазерного нагрева датируемого образца.

Неоднородность распределения температуры в образце минерала, при его лазерном нагреве, может приводить к искажению результатов датирования. В современной литературе обсуждение данного вопроса ограничивается общими теоретическими предположениями, детальные экспериментальные исследования не выполнялись [1].

В настоящей работе предложен пирометрический метод измерения распределения температуры на поверхности природных минералов при лазерном  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датировании. Предложенный метод основан на принципе детального термодинамического равновесия и законе Кирхгофа. Особенность метода в том, что он достаточно прост, но при этом не требует наличия предварительных сведений о поглощательной способности исследуемого объекта. Разработанный метод предполагает формирование двух цифровых изображений объекта на одной частоте. Для автоматизации обработки данных написана программа на платформе Framework 4.0.

Результаты экспериментов показали, что распределение температуры во время датирования в некоторых образцах существенно неоднородно. Соответствующее искажение возраста может быть в несколько раз больше аналитической погрешности. Таким образом, предложенный в данной работе метод измерения распределения температуры должен быть включен в стандартную процедуру лазерного  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирования.

---

1. P. Dickin, Radiogenic isotope geology / Cambridge university press, 2005.

Научные руководители – канд. геол.-минерал. наук, А. В. Травин, д-р физ.-мат. наук, проф. А. К. Дмитриев.

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ СКАНИРУЮЩЕГО ПРОТОЧНОГО ЦИТОМЕТРА**

М. Д. Амелин

Институт химической кинетики и горения СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Технология проточной цитометрии позволяет измерять параметры клетки, ее органелл и процессов, протекающих в ней, при помощи анализа рассеяния лазерного луча на одиночной частице, которая находится в потоке жидкости. По структуре получаемого сигнала можно определить размер, форму и другие параметры клеток. Использование проточной схемы делает возможным сбор данных для большого количества клеток, что используется при анализе крови и проведении биологических экспериментов.

В настоящий момент при работе с цитометром используется набор программ, написанных в разных средах программирования, который является достаточно неструктурированным. В то же время происходит внедрение новой конструкции цитометра, для контроля в которой уже не может быть использовано старое программное обеспечение.

Таким образом, целью работы является разработка единой системы автоматизации сканирующего проточного цитометра. Система эта должна быть совместимой с существующими программами по анализу полезного сигнала.

В состав системы входят подсистемы по собственно сбору информации о рассеянном анализируемой частицей свете, а также вспомогательные подсистемы, обеспечивающие движение пробы в цитометре, сбор информации с датчиков давления и температуры и подстройки положения струи с пробой в капилляре оптической кюветы.

На данном этапе создана программа, реализующая графический интерфейс пользователя по управлению цитометром, а также интерфейсы для управления и снятия данных с соответствующего оборудования.

В дальнейшем в программно-аппаратное обеспечение планируется добавить подсистему подстройки направления лазерного луча, являющегося источником света для рассеяния на анализируемой частице, что позволит значительно ускорить процесс настройки.

Научный руководитель – К. В. Гилев.

**СИСТЕМА КАЛИБРОВКИ ВРЕМЯПРОЛЕТНЫХ СЧЕТЧИКОВ**

А. Н. Амирханов

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

Работа проводится в Институте ядерной физики СО РАН на электрон-позитронном ускорительно-накопительном комплексе ВЭПП-2000 с энергией пучков в системе центра масс до 2ГэВ. Цель работы – калибровка времяпролетной системы детектора КМД-3. Измерение времени пролета частицы определенного расстояния дает возможность определить ее скорость, что, в конечном итоге, позволяет определить тип частицы.

Времяпролетная система детектора КМД-3 состоит из 16 сцинтилляционных счетчиков, расположенных на расстоянии 55 см от оси пучков, на каждом из которых установлено по 2 ФЭУ, по одному на каждой стороне. Заряженные частицы, родившиеся в процессе столкновения пучков электронов и позитронов, проходя через счетчики, вызывают в них вспышку света, регистрируемую фотоумножителями, установленными с двух сторон на каждом счетчике. Время пролета частиц определяется по разнице известного времени столкновения частиц и времени появления световой вспышки в счетчиках. Измеренное время складывается из времени пролета частицы от места столкновения до счетчика, времени распространения сигнала по пластине и задержек, связанных с прохождением сигналов через регистрирующую электронику.

В работе разработан алгоритм определения всех параметров, необходимых для того, чтобы извлечь из измеренного времени собственно время пролета частицы. Проведена оценка точности калибровки системы.

Задача осложняется тем, что на данный момент у некоторых пластин в рабочем состоянии находится только один ФЭУ. Времяпролетные счетчики устанавливались в детектор в момент сборки, и доступ к ним сильно затруднен, а замена является трудоемкой операцией. Для калибровки таких пластин был разработан специализированный алгоритм.

Результаты калибровки сохраняются в базе данных и используются при дальнейшей обработке данных.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент И. Б. Логашенко

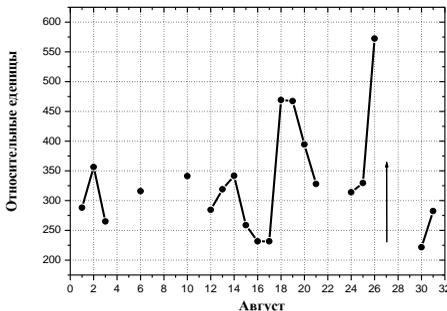
## АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ АМПЛИТУДЫ ГРОЗОВЫХ СИГНАЛОВ, ПРОХОДЯЩИХ НАД ЭПИЦЕНТРОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА БАЙКАЛЕ

В. В. Аргунов

Институт космических явлений и аэронавтики СО РАН, г. Якутск

Рассматривается поведение амплитуды импульсных грозовых радиосигналов, проходящих над эпицентрами землетрясений на Байкале 27 августа 2008 года, магнитуда которого составляла 6.3, а глубина очага 10 км.

Прием сигналов атмосфериков осуществляется в г. Якутске ( $\varphi = 62.02$  N ,  $\lambda = 129.71$  E) с помощью однопунктового грозопеленгатора-дальномера, характеристики которого корректируются применительно к регистрации дальних атмосфериков. Прием осуществляется на три антенны: электрическую (штырь) и две ортогональные магнитные антенны (рамки с эффективной площадью  $180 \text{ м}^2$ ).



В зимнее время максимальная дальность до источников принимаемых сигналов (определяемая возможностью выделения из помеховых сигналов) составляет около 12000 км. Основным анализируемый параметр, это средняя амплитуда грозовых разрядов за один час.

На графике представлены вариации амплитуды импульсного ОНЧ электромагнитного сигнала грозового разряда, проходящих над эпицентром землетрясения на Байкале. Повышение амплитуды 27 августа мы относим к эффекту землетрясения, а вариации амплитуды грозового сигнала 18 августа к его предвестнику.

Установлено, что различные вариации амплитуды грозовых радиосигналов проходящих над эпицентрами литосферных возмущений могут быть связаны с влиянием землетрясений на параметры нижней ионосферы.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук В. А. Муллаяров

## **ЦИФРОВОЙ СКАНЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДИФРАКЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ГОЛОГРАММ**

Д. А. Белоусов

Институт автоматики и электрометрии СО РАН  
Новосибирский государственный технический университет

Компьютерно-синтезированные голограммы (СГ) – это оптические пластины с амплитудным или фазовым микрорельефом поверхности, рассчитанные на основе теории дифракции. Основная функция СГ - преобразование формы волнового фронта падающего излучения. В настоящее время СГ находят широкое применение в лазерной физике, приборостроении, астрономии, микроэлектронике и т. п. Одним из важнейших параметров СГ является дифракционная эффективность (ДЭ) – величина, которая определяется как отношение интенсивности света в дифрагированном порядке к суммарной интенсивности падающего излучения. Любые отклонения от заданной формы и глубины микрорельефа СГ, возникшие в процессе изготовления, приводят к изменению величины ДЭ. По распределению ДЭ в дифракционных порядках (ДП) можно судить о погрешностях, возникших при изготовлении СГ, тем самым осуществляя контроль качества их производства. Настоящая работа посвящена разработке опико-электронного прибора для оперативного измерения распределения интенсивностей ДП СГ и исследованию влияния формы фазового рельефа на ДЭ.

Принцип работы прибора основан на сканировании фотоприёмником распределения интенсивностей ДП исследуемой СГ. В качестве источника излучения используется лазер (532 нм, 633 нм и т. п.). В процессе измерения, СГ перемещается с помощью прецизионного шагового привода перемещения, а быстрое сканирование распределение интенсивности осуществляется с помощью линейного двигателя с фотоприёмником. Компьютер с разработанным программным обеспечением осуществляет управление приводами и анализ сигнала с фотоприемника.

Приводятся результаты разработки прибора и исследования ДЭ СГ, разработанных в ИАиЭ, для преобразования асферических волновых фронтов, а также решения обратной задачи по восстановлению формы и глубины микрорельефа СГ (период 1.2 -10 мкм) по измерениям ДЭ в  $\pm 5$  порядках дифракции.

Научный руководитель – д-р техн. наук А. Г. Полещук.

## ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМАЯ ПРЕЦИЗИОННАЯ СИСТЕМА ВВОДА ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА В ИНТЕРФЕРОМЕТР

В. И. Вишняков

Институт лазерной физики СО РАН

Новосибирский государственный технический университет

На сегодняшний день одной из перспективных задач стала дистанционная прецизионная настройка ввода излучения лазера в интерферометр. Для осуществления этой задачи возможно использование моторизованных юстировочных креплений зеркал. С помощью таких креплений становится возможным более точное введение лазерного излучения в интерферометр.

Точность достигается за счёт использования шаговых двигателей. Единичный шаг, используемых в данной работе шаговых двигателей, равнялся  $6,74 \cdot 10^{-6}$  рад. Т.к. управление шаговыми двигателями, соответственно и креплением, реализовано посредством персонального компьютера, становится возможным разделить самой установки и устройства управления этой установкой. Такое разделение может быть полезно, например, в случаях:

установка герметично закрыта или доступ к ней ограничен.

установка находится на достаточно большом удалении от управляющего.

Данная работа посвящена изучению процесса работы с моторизованными креплениями на примере интерферометра Фабри-Перо. В процессе выполнения данной работы было написано программное обеспечение с графическим интерфейсом для управления моторизованными креплениями. Также была проведена работа по прецизионному введению луча лазера в интерферометр Фабри-Перо при помощи моторизованных юстирующих креплений. На пути распространения лазерного излучения, после прохождения через интерферометр, была установлена камера, также подключенная к персональному компьютеру, необходимая для наблюдения за модовым составом излучения. При подстройке была получена максимальная интенсивность нулевой моды.

В работе показана возможность использования моторизованных креплений для прецизионной подстройки ввода луча лазера в интерферометр, при этом наблюдалась модовая картина, полученная с камеры, в режиме реального времени.

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук М. Н. Скворцов.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ОПТОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Р. Б. Жармакин, О. Б. Тлеугабылов, К. С. Ташкалиев, А. С. Мукушев  
Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Астана

В докладе приводятся результаты математического и компьютерного моделирования процессов возбуждения и регистрации оптоакустического (ОА) сигнала. Проводимые исследования относятся к методам лазерной ОА спектроскопии с микрофонной схемой регистрации.

Метод лазерной оптико-акустической спектроскопии относится к группе методов, основанных на схеме прямого детектирования, в которых детектором поглощенного излучения является сам образец. Данный метод, благодаря своим преимуществам (высокая чувствительность, универсальность, бесконтактность и др.), широко применяется при исследовании физико-химических свойств веществ различной физической природы: газообразных, жидких, твердотельных, порошкообразных, биомедицинских и др. [1,2].

Разработанная компьютерная программа (в среде Borland Delphi 7), моделирующая реальные ОА процессы, позволяет произвести численные расчёты зависимости параметров ОА сигнала от мощности и частоты оптического излучения, параметров исследуемого образца, геометрии ОА камеры и, таким образом, оптимизировать реальные ОА эксперименты.

При проведении численных расчётов программа выполняет операции, базирующиеся на фундаментальной теории ОА эффекта при косвенной схеме регистрации – теории Розенцвейга – Гершо.

Помимо численных расчётов разработанная программа также позволяет построить график зависимости амплитуды ОА сигнала от частоты модуляции, интенсивности лазера и коэффициента оптического поглощения.

Как для случая газообразных, так и для конденсированных сред (образцов), смоделированы анимационные эффекты, описывающие процессы формирования ОА сигнала, упрощающие понимание физических процессов, происходящих в ОА камере, и сущность метода лазерной ОА спектроскопии в целом.

---

1. В.П.Жаров, В.С.Летохов, Лазерная оптико-акустическая спектроскопия. М.: Наука, 1984, 320 стр.

2. Сверхчувствительная лазерная спектроскопия. Под ред. Д. Клайджера, М.: Мир, 1986, 520 с.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент Д. М. Шарифов.

## **РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ДЕТЕКТОРА OD4**

Т. С. Ишикаев

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Одним из способов изучения характеристик вещества является облучение образцов этого вещества рентгеновскими фотонами и анализ дифракционной картины. Регистрация дифрагировавших частиц во времени даёт возможность наблюдать изменения состояния вещества, например фазовые переходы при нагреве или охлаждении.

Для проведения таких экспериментов в Институте ядерной физики разрабатывается рентгеновский однокоординатный детектор OD4, рассчитанный на большие углы регистрации. Детектор представляет собой ионизационную камеру, наполненную смесью газов Ag-CO<sub>2</sub> (в процентном соотношении 70 на 30). Газовое усиление сигнала осуществляется с помощью трёхслойного газового электронного умножителя (ГЭУ). Полученный заряд, двигаясь в электрическом поле, наводит сигнал на полосковую структуру детектора, состоящую из 2048 полосок с шагом ~0,2 мм. Для регистрации рентгеновского рассеяния на больших углах полосковая структура имеет вид дуги, а регистрационные полоски направлены в общий фокус. Планируется, что детектор будет различать дифракционные пики, при разности углов между ними в 0,1°, а максимальный регистрируемый угол равен 67°. Фокусное расстояние детектора равно 35 см.

Электроника детектора состоит из материнской платы и 64 модулей счётчиков дискриминаторов. Каждый модуль обслуживает 32 канала, с максимальной загрузкой ~150 кГц в каждом канале. Сигналы с полосок усиливаются, формируются, сравниваются с задаваемым порогом и, при превышении определённого значения, счётчик соответствующего канала увеличивается. Данные со счётчиков дискриминаторов передаются в FPGA на материнской плате, которая записывает их в динамическую память, и передаёт впоследствии в ЭВМ по сети Ethernet.

В своём докладе я хочу представить электронику и программное обеспечение разрабатываемого детектора.

Научный руководитель – канд. техн. наук В. В. Жуланов.

## **АДАПТИВНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ТУРБУЛЕНТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНЫХ ОПОРНЫХ ЗВЕЗД**

Е. Е. Клинаева

Институт оптики атмосферы имени В. Е. Зуева СО РАН  
Томский государственный университет

Работа адаптивных систем для астрономических приложений базируется на получении тем или иным образом информации об искажениях вносимых турбулентной средой в структуру оптического излучения. Наиболее перспективным направлением, призванным удовлетворить требованиям поставленных задач, является оснащение адаптивного телескопа дополнительной системой формирования искусственного источника опорной волны в канале распространения излучения, на основе обратного рассеяния лазерного излучения в атмосфере, получившего название лазерная опорная звезда.

В настоящее время системы адаптивной оптики с лазерной опорной звездой становятся неотъемлемым инструментом современных астрономических телескопов. При этом развитие адаптивной оптики для астрономии идет по пути использования нескольких искусственно созданных опорных источников одновременно. Поскольку эти системы должны способствовать устранению одного из ограничений при использовании лазерной опорной звезды – эффекта фокуса. К настоящему моменту предложены следующие концепции будущих систем адаптивной оптики с искусственно созданными опорными источниками: мульти-сопряженная и мульти-объектная адаптивные оптические системы, а также адаптивная оптическая система приземного слоя атмосферы.

Данная работа посвящена исследованию эффективности адаптивной оптической коррекции турбулентных искажений оптических изображений на основе опорного источника и включает численное моделирование, с использованием высотных профилей атмосферной турбулентности для различных обсерваторий и анализа полученных результатов.

В работе выполнено сравнение характеристик систем адаптивной оптики крупных астрономических телескопов, работающих в настоящее время. Рассмотрены ограничения лазерных опорных звезд.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-08-31111 мол\_а и поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 8703.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Л. А. Бильбасова

**ВЕБ-САЙТ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЕТЕКТОРА КМД-3**

Н. Е. Козлов

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

Работа проводится в ИЯФ СО РАН на универсальном детекторе элементарных частиц КМД-3, установленном на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 (ИЯФ СО РАН, Новосибирск) с максимальной энергией частиц в системе центра масс до 2 ГэВ.

Детектор КМД-3 представляет собой сложную техническую систему. Для работы с ней необходим интерфейс, позволяющий оператору установки непрерывно управлять и следить за ключевыми параметрами системы, и одновременно позволяющий экспертам при необходимости анализировать все многообразие доступной информации. Современные технологии позволяют организовать такой интерфейс в виде веб-приложения. Все функциональные возможности интерфейса можно разделить на несколько блоков. Во-первых, вывод последних значений и кратковременной истории изменений многочисленных датчиков мониторинга состояния детектора, являющихся основным источником информации для оператора. Во-вторых, запуск программ управления системами детектора. В-третьих, отображение поведения различных параметров системы во времени. В-четвертых, отображение истории набора данных, с возможностью просмотра информации о собранных данных. В-пятых, вспомогательные страницы, например, расписание дежурств. Кроме того, так как предоставляется функционал по изменению режима работы аппаратуры, то необходимы механизмы защиты от несанкционированных действий, а так же интерфейс администратора для управления всем сайтом.

Целью данной работы является разработка нового веб-сайта контроля и управления детектора КМД-3, с учетом опыта работы с текущей реализацией. Для серверной части, написанной на языке Python, был выбран фреймворк Django, а для клиентской части – javascript-библиотека jQuery.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент И. Б. Логашенко

## РАСЧЁТ 3D РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ДОЗ ДЛЯ ЛИНЕЙНОГО МЕДИЦИНСКОГО УСКОРИТЕЛЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

В. Е. Кравченко

Новосибирский научно-исследовательский институт патологии  
кровообращения им. Е. Н. Мешалкина

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Линейные медицинские ускорители заряженных частиц — это устройства, используемые для проведения дистанционной лучевой терапии при злокачественных новообразованиях любых локализаций. Лечение проводится как электронным пучком, так и вторичными гамма-квантами тормозного излучения электронов из мишени конвертера. Существующее программное обеспечение использует упрощённые алгоритмы и позволяет проводить расчёт лечебных планов с точностью не хуже 5%. Недостаточная точность таких расчётов требует обязательной комплексной инструментальной проверки на фантомах с различными детекторами излучения.

В настоящее время актуально создание не инструментальных методов верификации лечебных планов на таких установках. Одним из эффективных методов проверки является альтернативный расчёт дозы методом Монте-Карло, с моделированием большого числа частиц, взаимодействующих с веществом.

Данная работа посвящена разработке независимого метода проверки лечебных планов. Целью работы было создание программного обеспечения, позволяющего рассчитывать дозу по снимкам компьютерной томографии (КТ) с учётом анатомических особенностей пациентов.

Разработка проводилась на языке C++ с использованием свободно распространяемых библиотек GEANT4, описывающих прохождение частиц через вещество. В ходе работы было произведено описание точной модели лечебного комплекса с учётом подвижных элементов коллиматора. В связи с большим объёмом данных и для удовлетворения требованиям клинической практики была проведена оптимизация использования CPU. Смоделированы дозные распределения для водного и твердотельного фантома. Произведена калибровка модели на основе экспериментальных данных. КТ снимки пациентов (формат DICOM) были интегрированы в моделирование и произведён расчёт реалистичных 3D дозных распределений.

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук. В. В. Поросев, И. В. Бедный.

## **РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА СИЛОВЫХ IGBT И ПЛАТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 30кВт**

А. А. Кремнев

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

В настоящее время в Институте ядерной физики СО РАН разрабатывается источник питания магнитных систем различного применения, например вигглеров, квадрупольных линз, дипольных магнитов. Выходная мощность преобразователя 30кВт. Источник проектируется в нескольких вариантах с выходными токами вплоть до 1000А и выходными напряжениями до 300В. Источник построен по модульной схеме: блок силового инвертора, блок выходного выпрямителя, блок сетевого выпрямителя. Блок выходного выпрямителя с трансформатором проектируется в двух вариантах с разными значениями выходного тока и выходного напряжения. На базе данного блока инвертора планируется изготовление четырех квадрантного регулятора тока, предназначенного для питания магнитов в быстро циклических установках (несколько Гц).

Данная работа посвящена разработке драйвера силовых IGBT и платы управления источником питания.

Драйвер осуществляет управляющую и защитную функции для силовых ключей. Система защиты драйвера включает в себя контроль напряжения питания затвора транзистора, контроль входа силового ключа в режим насыщения, а также осуществляет активную защиту от коммутационных выбросов напряжения на коллекторе транзистора.

Плата управления содержит схему широтно-импульсного модулятора, которая формирует сигналы управления для драйверов, и схему, осуществляющую мониторинг статусных сигналов и управляющую режимами работы источника питания. Система защит при необходимости блокирует работу силовой схемы. Плата управления может сопрягаться с электроникой более высокого уровня, а также содержит внешний аналоговый вход управления. Внутренняя логика схемы платы управления базируется на ПЛИС ALTERA.

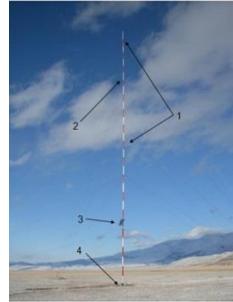
К настоящему моменту разработана схема и изготовлена и собрана плата драйвера. В настоящий момент проводятся испытания и наладка драйвера. Схема платы управления разработана и начато проектирование печатной платы.

Научный руководитель – К. М. Горчаков.

## РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ АВТОНОМНОГО КОНТРОЛЬНО-ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ ВЕТРОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Д. В. Кудин, Е. О. Учайкин  
Горно-Алтайский государственный университет

Проблема развития альтернативной энергетики особенно актуальна в горных территориях, которые занимают большую часть Республики Алтай. Сложность заключается в высокой себестоимости доставки централизованной электроэнергии в относительно небольшие населенные пункты, в которых проживает большая часть населения республики. Одним из перспективных мест в смысле развития ветроэнергетического природного потенциала является Курайская долина Кош-Агачского района Республики Алтай, где в течение года дуют сильные ветры. Однако, для того, чтобы вкладывать достаточно большие средства в развитие данного направления энергетики, необходима статистическая информация об интенсивности, направлении и постоянстве ветров в данном регионе вообще и конкретно в тех местах, где планируется разместить ветроэнергетические установки.



В нашей лаборатории был разработан программно-аппаратный контрольно-передающий модуль автономного ветроизмерительного комплекса, смонтированного и работающего в настоящий момент в курайской степи в непрерывном режиме в течение трех месяцев.

Комплекс состоит из мачты, автономной системы энергоснабжения, системы кримат-контроля, блока управления, который выполняет функции регистрации данных и передачи суточного пакета измерений через GPRS-канал на FTP-сервер. Блок управления оборудован модулем rs485 для связи с удаленным блоком измерения. Блок измерения получают питание по приемо-передающему кабелю rs485.

При установке комплекса контейнер управляющей электроникой и элементом питания был размещен под слоем земли толщиной 0.3 м. Подзарядка аккумуляторов осуществляется с помощью солнечной батареи закрепленной на мачте, на высоте 5 метров.

Научный руководитель – канд. техн. наук Н. Г. Кудрявцев.

## **РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РЕКОНСТРУКЦИИ ЧЕРЕНКОВСКИХ КОЛЕЦ В ДЕТЕКТОРЕ ФАРИЧ**

А. П. Кузнецов

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

В Институте ядерной физики СО РАН ведется разработка ускорительного комплекса «Супер Чарм-Тау фабрика». Одной из его ключевых подсистем является черенковский детектор ФАРИЧ. В экспериментах физики высоких энергий черенковские детекторы служат для идентификации типов заряженных частиц (электрон, мюон, пион, каон, протон, дейтон).

ФАРИЧ является современным детектором черенковских колец на основе аэрогелевого радиатора с неоднородным показателем преломления. Использование многослойного фокусирующего радиатора позволяет повысить точность идентификации, однако требует принципиально новой схемы программной реконструкции для определения параметров частицы.

Данная работа посвящена разработке эффективного алгоритма реконструкции для современных архитектур и оценке его производительности. Что поможет точнее сформулировать требования к аппаратной части вычислительного комплекса.

За основу был взят существующий прототип алгоритма для графического ускорителя (ГПУ). Идея состоит в использовании для реконструкции также возможностей центрального процессора (ЦПУ). Это позволит эффективнее использовать вычислительные ресурсы. А также в будущем адаптировать алгоритм для перспективных высоко-параллельных архитектур, таких как Xeon Phi.

Проведенное исследование алгоритма реконструкции показало возможность задействования особенностей современных ЦПУ для повышения производительности и эффективности использования вычислительных ресурсов.

Научный руководитель – С. А. Кононов.

## **ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЗАДАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ**

В. М. Маршунин

Томский государственный университет

Задание геометрических и материальных параметров объектов или систем является сложной проблемой в задачах компьютерного моделирования. Эта проблема возникает при решении таких задач как: теплоперенос, нахождение центра масс системы сложных объектов, электромагнитная совместимость компонентов радиоэлектронных схем, разработка конструкторской документации, дифракция электромагнитных волн на трехмерных объектах, электростатика и магнитостатика, нахождение постоянных распространения и структуры электромагнитных полей и т. д.

Используя принцип декомпозиции, который заключается в том, что анализируемый объект разбивается на отдельные базовые фрагменты, можно сформулировать универсальные алгоритмы задания геометрических и материальных параметров объектов. В зависимости от системы координат эти фрагменты могут быть представлены в виде цилиндров, тетраэдров или параллелепипедов заданных размеров и свойств, а в универсальном варианте – кубов.

Задать характеристики фрагментов можно по-разному. Можно описывать их в цифровом, графическом или смешанном формате. Графический формат наиболее предпочтителен, он более производителен при формировании объектов сложной архитектуры.

Нами на основании принципа декомпозиции была разработана компьютерная программа, которая позволяет полностью описать геометрию и необходимые параметры моделируемого объекта перед решением задач дифракции электромагнитных волн на трехмерных объектах.

Интерфейс программы визуально-событийный. С его помощью можно задавать архитектуру моделируемого объекта в ручном или автоматическом режимах, перемещать отдельные фрагменты и устанавливать их в необходимые места. Для задания физических характеристик фрагментов используется редактируемая база материалов, ассоциированная с цветовой палитрой.

Научный руководитель – доцент, канд. физ.-мат. наук В. А. Мещеряков

## ВИБРО АКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕГО ШУМА

В. А. Махова, Д. В. Орлов

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,  
г. Санкт-Петербург

Методы виброакустических исследований дают большие возможности для контроля дефектов различных изделий, конструкций и машин [1]. Задачу идентификации дефектов можно осуществить датчиками различной физической природы [2]. с последующей декомпозицией системы.

Проблема исследования дефектов виброакустическими методами в условиях сильного акустического сигнала заключается в высоком уровне получаемого сигнала. Получаемый сигнал представляется суммой базовой функции  $h(t)$ , информационной функции  $r(t)$  и функции шума  $n(t)$ :

$$s(t) = h(t) + r(t) + n(t). \quad (1)$$

Для исследования дефектов целесообразно построить новую информационную функцию

$$g(t) = \Im[h(t)] + \Im[r(t)] + \Im[n(t)] \quad , \quad (2)$$

такую, чтобы  $\Im[h(t)] = 0$ .

В этом случае информационная функция будет иметь вид:

$$g(t) = \Im[r(t)] + \Im[n(t)] \quad (3)$$

Данная методика позволяет проводить более детальное исследование информационной функции методами частотно- временного (JTFA) или вейвлет анализа.

Проведенные исследования пилы HITACHI C8FSHE позволили по разнице в сигналах с различных датчиков указать дефект подшипников направляющей, который был выявлен впоследствии через месяц эксплуатации.

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. В2-х кн./ Под ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 1986. Кн. 2 – 352 с.

2. Makhov V.E., etc. Theoretical and experimental substraction of the model of radar signal reflected from structures containing rotating elements in respect to the problem of remote radio-wave vibro-dagnostics. 10<sup>th</sup> European Conference on Non-Destructive Testing. Moscow. June 7-11, 2010. Part 1. 2<sup>nd</sup> edition. M.: Publishing house Spektr, 2010. – pp. 356 – 358.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. А. И. Потапов.

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ И БЛОКИРОВКИ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ УСТАНОВКИ ГДЛ**

А. М. Медведев

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Цель данной работы – разработка программного обеспечения для устройства защиты и блокировки системы формирования магнитного поля установки ГДЛ. Устройство состоит из двух блоков, расположенных удаленно друг от друга и соединенных линией связи. Основа блоков – микроконтроллеры AT89LP4052.

Устройство проектировалось по принципу минимальных аппаратных затрат, при этом реализация некоторых функций становилась задачей программного обеспечения. В частности, нет аппаратной реализации функций формирования и приёма кода, передаваемого по линии связи. Задачи программного обеспечения первого блока устройства: получение информации о состоянии системы по протоколу SPI со сдвиговых регистров, обработка и анализ этой информации, передача по программно реализуемому протоколу с использованием кодирования «Манчестер-II» во второй блок устройства, подсчет временных интервалов и детектирование разрыва линии связи. Задачи программного обеспечения второго блока устройства: приём данных по линии связи, выделение передаваемой посылки, проверка контрольной суммы и отправка информации о состоянии системы по протоколу SPI для отображения на светодиодах.

При создании программного обеспечения использовалась среда разработки Keil  $\mu$ Vision2, кросс-ассемблер A51, кросс-компилятор C51, а также встроенные средства линковки и создания hex-файла.

В результате разработано программное обеспечение для двух блоков устройства. Написан модуль формирования манчестеровского кода со скоростью передачи 5 кбит/с. Процедура формирования фронтов занимает до 80% процессорного времени и реализована на ассемблере. Реализованы процедуры для работы с SPI, процедуры цифрового интегрирования и формирования посылки для передачи. Большинство процедур написано на языке C51.

Научный руководитель – канд. техн. наук Ю. В. Коваленко.

## ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ КАЛИБРОВКА ДЕТЕКТОРА СНД

Н. А. Мельникова

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Сферический нейтральный детектор (СНД) используется для проведения экспериментов на ускорительном комплексе ВЭПП-2000 в области физики высоких энергий.

Детектор состоит из нескольких подсистем, в том числе из сферического калориметра и цилиндрической трековой системы (дрейфовой камеры). Эти две подсистемы предоставляют основную информацию, которая позволяет реконструировать события, произошедшие внутри детектора.

Для получения корректных конечных результатов необходимо учитывать взаимное расположение подсистем СНД. Некоторые параметры известны с определенной точностью.

Кроме параметров взаимного расположения подсистем необходимо принимать во внимание их внутреннее устройство. Например, калориметр состоит из двух независимых частей, каждая из которых состоит из двух независимых компонент, что значительно увеличивает список параметров взаимного расположения.

Целью данной работы является уточнение параметров взаимного расположения компонент СНД. Основные задачи заключаются в реализации получения параметров взаимного расположения и реализации с их помощью выравнивания первоначальных данных.

В рамках данной работы была реализована коррекция измеренного места вылета частиц с учетом положения пучка, а также проведена коррекция измеренных углов частиц с учетом наклона оси пучка к оси дрейфовой камеры. Это потребовало разработки необходимого математического аппарата и создания дополнительных модулей обработки данных в системе программного обеспечения детектора. Была также разработана инфраструктура для учета параметров взаимного расположения компонент детектора и реализован учет поворота вокруг оси трековой системы.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. А. Король.

## АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕФЛЕКТОРА С ГИБКИМИ СПИЦАМИ

В. С. Пономарев

Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики  
Томский государственный университет

Представлены результаты исследования полезных характеристик наматывающегося рефлектора антенны космического. Основной идеей таких конструкций (рис. 1) является использование упругой энергии деформаций ребер, обеспечивающих параболическую форму отражающей поверхности.

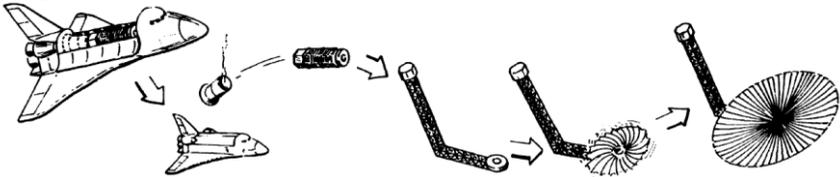


Рис. 1. Вывод на орбиту рефлектора с гибкими спицами

Автором было выполнено численное исследование способности рефлектора с гибкими спицами к саморазвертыванию и определены некоторые основные характеристики рефлекторов с апертурой 30, 50 и 100 м. Вычислено среднеквадратическое отклонение отражающей поверхности рефлектора и даны рекомендации по увеличению точности рефлектора за счет изменения кривизны спиц и введения в конструкцию вантовой структуры. Был проведен анализ изменения точности отражающей поверхности рефлектора с диаметром 50 м под действием тепловых нагрузок, действующих в процессе эксплуатации антенны на орбите, а также рассчитаны собственные частоты. Результаты некоторых характеристик представлены в таблице 1.

Без вантовой системы	Диаметр, м	Масса, кг	СКО, мм	Собственная частота, Гц
	50	620	7.04	0.6185
С вантовой системой	30	225	2.38	1.059
	50	623.5	3.81	0.6315
	100	2250	6.9	0.3623

Таблица 1. Результаты определения характеристик рефлекторов

Научный руководитель – А. П. Жуков.

## ПАКЕТ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ДЕТЕКТОРА СНД

К. В. Пугачев

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

С 2008 года на ускорительном комплексе ВЭПП-2000 проводятся эксперименты с детектором СНД. Записанные в ходе эксперимента события реконструируются независимо от модели, т. е. измеряются простые кинематические параметры частиц (углы, энергии и т. д.). Однако, используя информацию о конкретном процессе (модель), можно эти параметры существенно уточнить. Эта процедура называется кинематической реконструкцией.

Основные задачи данной работы — создание комбинатора кандидатов в частицы, реализация сведения треков частиц к общей точке, а также полная кинематическая реконструкция события с использованием этого комбинатора.

Для управления созданным инструментом используются сценарии на специально разработанном декларативном языке программирования. Этот язык сочетает в себе простоту и достаточность. Он позволяет описывать и изучать различные процессы в ФВЭ.

Комбинирование кандидатов в частицы осуществляется по заданной модели события и учитывает заданные ограничения значений физических параметров. В результате мы имеем дерево события с исходными, промежуточными и конечными частицами, т. е. описание процессов, модели. Кинематическая реконструкция осуществляется с использованием дополнительной информации — законов сохранения энергии-импульса, общих точек вылета, масс промежуточных состояний, и позволяет уточнить параметры в пределах ошибок измерения. Уточнение проводится условной оптимизацией функции правдоподобия.

На этапе тестирования использовались данные, полученные при моделировании процесса  $\pi^+ \pi^- \pi^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- 2\gamma$  с двумя заряженными и двумя нейтральными частицами. Для заряженных частиц измеряются углы и точки, через которые они пролетают, для нейтральных — положение точки взаимодействия с детектором в сферической системе координат и энергия. Было произведено сведение треков заряженных частиц к общей точке, которое показало определённое уменьшение разброса значений рассматриваемой координаты относительно исходного диапазона.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. А. Король.

## ОСОБЕННОСТИ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МЕХАНИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ

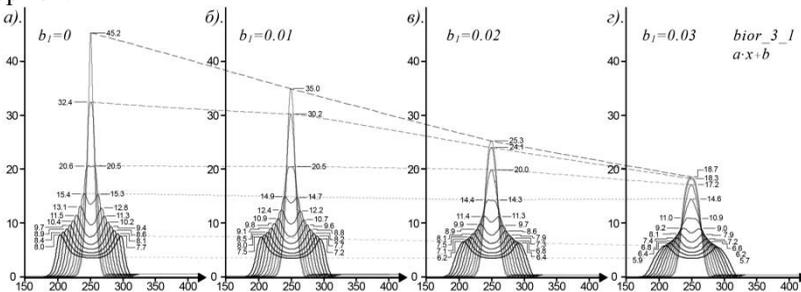
О. С. Репин

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,  
г. Санкт-Петербург

Перспективным направлением применения измерительных систем технического зрения является использование их в условиях технологического контроля. Размывание границ изображения, вызванное механической нестабильностью намного больше, чем любыми другими факторами. Использование вейвлет анализа (НВП) позволяет получать более высокую точность измерения [1].

Проведено исследование графиков шкалограмм НВП и графиков коэффициентов НВП модельных функций профиля теневых изображений с различными параметрами вибрации для заданных функций распределения освещенности в области границы изображения.

На графиках представлено семейство коэффициентов шкалограмм НВП (*wavelet= bior\_3\_1*) для различных амплитуд вибрации  $\Delta v=0 - 0.05$  (с шагом 0.005) для профиля распределения освещенности на границе с шириной  $b_1$  и неравномерностью освещенности заданной трапецеидальной формой.



Результаты показали возможности проведения точных измерений в условиях механической вибрации, с определением амплитуды вибрации с точностью 0.02 мкм, что соответствует методам голографической интерферометрии.

1. Махов В. Е., Потапов А. И. Использование алгоритма непрерывного вейвлет- преобразования в системах технического зрения // Изв. вузов. Приборостроение. 2011. Т. 54, № 9. С. 10 — 15.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. А. И. Потапов.

## **КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МАЛОГО РАЗМЕРА**

Д. В. Сергеев

Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул

Особенностью цифровых изображений малого размера является небольшое (~100) количество пикселей. Малый объем исходных данных не позволяет получить удовлетворительную погрешность оценки статистических характеристик изображений. С целью увеличения количества информации об исходном изображении малого размера, предлагается формирование серии изображений, полученных из исходного при различных величинах интервала дискретизации уровня яркости пикселей.

Формирование серии изображений выполняется для того, чтобы:

1. Найти такой динамический диапазон яркости, при котором изображение имеет максимальное количество связанных областей (объектов) и оценить суммарную сложность такого изображения.
2. Найти такой динамический диапазон яркости, при котором изображение имеет минимальное количество связанных областей (объектов) и оценить суммарную сложность такого изображения.
3. Найти интегральное (по значениям кванта яркости) значение сложности.

Найденные таким способом числа – характеристики изображения.

Кроме этого, по полученным графикам зависимости значения предложенной характеристики от значения кванта дискретизации можно автоматически найти такое значение кванта, при котором крупный объект может быть обнаружен и, впоследствии, автоматически может быть получена граница этого крупного объекта на изображении и численные характеристики границы.

Результаты тестов показали, что значение предложенной количественной характеристики меняется при изменении структуры цифрового изображения, в то время как энтропия и шероховатость остаются неизменны.

Предложенная в работе характеристика может быть использована, например, при разработке алгоритмов дифференциальной диагностики шаровидных образований в легких по их цифровым медицинским изображениям на самых ранних этапах развития заболевания.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент С. А. Останин.

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ТАРИРОВОЧНОЙ КРИВОЙ ДЛЯ ПЕРЕНОСНОГО МЮОННОГО ПЛОТНОМЕРА**

М. М. Сизов

Институт автоматики и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск

Основной параметр грунта, используемый в инженерной геологии и строительстве, – плотность. Информация о плотности грунта определяет объем работ при подготовке к строительству зданий, влияет на заключения о безопасности и качестве выполнения строительных работ.

Один из способов измерения плотности, исследуемый в Институте автоматики и электрометрии СО РАН, – мюонный скважинный плотномер. В мюонных плотномерах используются абсорбционный метод, основанный на замере ослабления потока мюонов при прохождении через вещество. При измерении в исследуемом грунте делается скважина, в скважину опускается прибор, включающий сцинтилляционный датчик, и на разных глубинах замеряется поток частиц, после чего определяется средняя плотность породы над плотномером. Расчет ведется по тарировочной кривой ослабления мюонов в воде.

Данная работа посвящена разработке системы автоматизации обработки тарировочных данных мюонного плотномера.

В работе было предложено аппроксимировать тарировочные кривые суммой экспонент, исходя из экспоненциальной зависимости плотности потока космических частиц от глубины.

Были исследованы аппроксимационные алгоритмы Прони-Осборна, Кунга, Зейгера-МакЭвена, Левенберга-Марквардта, Гаусса-Ньютона, модифицированный жадный алгоритм (МЖ-алгоритм).

Алгоритмы были протестированы на экспериментальных и синтетических данных, полученных с помощью пакета симуляции потока мюонов MUSIC (MUon SIMulation Code).

При исследовании алгоритмов, основанных на алгоритме Прони (Прони-Осборн, Кунг, Зейгер-МакЭвен) было выявлено возникновение комплексных гармоник, что противоречит физической модели процесса.

При этом, алгоритмы Левенберга-Марквардта, Гаусса-Ньютона и МЖ-алгоритм дают удовлетворительные результаты.

В дальнейшем планируется исследование последних алгоритмов с целью снижения погрешности восстановления тарировочной кривой.

Научный руководитель – канд. техн. наук В. Е. Зюбин.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАЗМЕННОГО КИЛЬВАТЕРНОГО УСКОРЕНИЯ**

А. П. Соседкин

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Плазма способна выдерживать без разрушения огромные электрические поля, и этим обусловлен интерес к ускорению частиц в плазме, или плазменному кильватерному ускорению. Важную роль в исследовании кильватерного ускорения играет численное моделирование. При этом круг задач, доступных для решения программами общего назначения, весьма ограничен, и требуется разработка узкоспециальных программ, ориентированных именно на плазменное кильватерное ускорение. Одна из таких программ (LCODE) была разработана в ИЯФ СО РАН К. В. Лотовым.

LCODE разрабатывался единолично, поэтому необходимость расширения функциональности с привлечением новых разработчиков потребовала определенной модернизации проекта для подготовки к коллективной работе над кодовой базой. В рамках этой подготовки были проведены организация процессов совместной работы, повышение модульности кодовой базы и документирование. Попутно были пересмотрены форматы входных и выходных данных, проведены оптимизация быстродействия и отказ от неактуальных приемов оптимизации. Была проведена подготовка к распараллеливанию вычислений. В настоящее время программный комплекс подготовлен к коллективной реализации требуемых функциональных изменений.

Одним из таких функциональных изменений стала реализация режима малощумящего пучка. Для правильного моделирования неустойчивых режимов пучково-плазменного взаимодействия программа должна корректно воспроизводить уровень шума, из которого нарастает неустойчивость. Обычно этот уровень оказывается завышенным из-за относительно малого количества макрочастиц пучка. За счет регулярной расстановки макрочастиц в фазовом пространстве с контролируемым случайным смещением был достигнут уровень шума, соответствующий реальной физической системе.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, доцент К. В. Лотов.

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМОМ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ.**

А. А. Стельвага

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Установка электронно-лучевой сварки, разработанная в ИЯФ СО РАН, является уникальной по ряду характеристик электронного пучка. Однако отсутствие автоматизированной системы управления не позволяет использовать все технологические возможности установки, а также усложняет коммерциализацию разработки. Полноценная система автоматизации должна осуществлять синхронизованное управление техническими параметрами установки, такими как положение механических подвижек, параметры пучка, состояние вакуумной системы и др. Также система управления должна производить контроль соответствующих параметров.

При этом сравнительно независимой, но важной подзадачей является разработка системы автоматизации вакуума. Для поддержания рабочего уровня вакуума в камере установки используются механические и паромасляные насосы. Сейчас показатели вакуумных датчиков отображаются на дисплее контроллера Pfeiffer TPG 256. Имеется возможность программного управления данным контроллером с использованием стандарта RS-232 и протокола фирмы Pfeiffer. Управление насосами в данный момент производится вручную, однако благодаря использованию электрических сигналов, подаваемых на силовые реле, может происходить удалённо. Отслеживание возможных проблем и ошибок в процессе работы вакуумной системы сейчас производится визуально, согласно показаниям соответствующих датчиков, но может проводиться программно с помощью анализа набора сигналов.

Целью данной работы является создание единой программной системы, способной удалённо производить мониторинг и управление параметрами вакуума установки ЭЛС. Для промежуточной обработки набора управляющих и контролируемых сигналов используются разработанные в ИЯФ модули, реализующие интерфейс CanBus. Разрабатываемая система управления спроектирована с учётом возможного изменения количества и типов используемых вакуумных насосов, а также обладает удобным пользовательским интерфейсом.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. А. Старостенко.

## **СНИЖЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ И ПОДВИЖНОСТИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА МЕТОДОМ СПЕКТРА ПОДВИЖНОСТИ ПРИ ПОМОЩИ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ХОЛЛОВСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

А. В. Трифанов

Сибирская государственная геодезическая академия, г. Новосибирск  
Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН

Для визуализации изображений ближнего и дальнего инфракрасного диапазона применяются многоэлементные фотоприёмные устройства, для создания которых основным материалом служат гетероэпитаксиальные структуры кадмий-ртуть-теллур (КРТ). Значения концентрации и подвижности основных носителей заряда во многом определяют свойства таких фотоприёмных устройств.

Для КРТ определение этих параметров основано на измерении магнитополевых зависимостей магнитосопротивления и эффекта Холла и последующем анализе такими методами, как «спектр подвижности» и многозонная подгонка.

Погрешность измерений сильно влияет на точность определения параметров с помощью этих методов. Так как данные при измерении оцифровываются, то появляется возможность использования цифровых методов обработки информации, в частности цифровых фильтров. Результаты применения цифровой фильтрации для этих методов ранее нигде не рассматривались.

Программа обработки данных измерения устраняет шумы на полученных магнитополевых зависимостях, используя не рекурсивный цифровой фильтр нижних частот, основанный на весовой функции Блэкмена. Нерекурсивность фильтра гарантирует его устойчивость при всех входных данных. В полосе пропускания фильтр не искажает магнитополевые зависимости, так как имеет линейную фазовую характеристику.

Использование данной системы измерений позволяет повысить точность определения концентраций и подвижностей всех видов носителей заряда более чем на 30%. И позволяет определять параметры неосновных электронов при более низких температурах

Научные руководители – д-р физ.-мат. наук В. Я. Костюченко, канд. физ.-мат. наук Д. Ю. Протасов.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ НЕПРИЖИМНОЙ АППАРАТУРЫ ГАММА-ГАММА КАРОТАЖА

М. Ш. Урамаев

Новосибирский государственный университет  
Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН

Гамма-гамма плотностной каротаж (ГГКП) является одним из наиболее точных методов определения плотности горных пород в разрезах скважин. При исследовании скважин с помощью радиационных методов обычно качество измерений сильно зависит от степени прижатия прибора к среде. Большое количество частиц, испущенных источником, может быть зарегистрировано детектором, не проникнув вглубь пласта. По этой причине для борьбы с «паразитным» радиационным фоном прибегают к усложнению механизмов, которые прижимают прибор к стенке скважины.

Использование прижимных конструкций для метода ГГКП в процессе бурения и каротажа на трубах существенно повышает аварийность систем. Поэтому весьма актуально развитие альтернативных систем измерений, реализуемых посредством неприжимных приборов.

В данной работе исследовалось влияние смещения прибора относительно стенки скважины, а также влияние угла поворота прибора вокруг своей оси для неприжимной аппаратуры ГГКП.

На основе системы программных библиотек для компьютерного моделирования процессов прохождения элементарных частиц через вещество Geant4 [Режим доступа: <http://www.geant4.cern.ch/>, свободный] было создано приложение, позволяющее моделировать показания прибора ГГКП в основных типах сред. Отличительной особенностью реализованной программы является возможность задавать смещение прибора относительно стенок скважины.

В результате работы с помощью созданного приложения были просчитаны количественные модели основных типов сред. Полученные теоретические данные сравнивались с экспериментальными данными, полученными на основных образцах горных пород (базовая калибровка прибора в НППГА «Луч»). На основе результатов удалось оценить влияние эксцентриситета и вращения прибора вокруг своей оси.

В дальнейшем планируется создание программного инструмента для интерпретации данных ГГКП, который будет учитывать поправки за вращение и эксцентриситет, рассчитанные в ходе проведенных исследований.

Научный руководитель – д-р техн. наук И. Н. Ельцов.

## **СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ИМИТАТОРА ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ БОЛЬШОГО СОЛНЕЧНОГО ВАКУУМНОГО ТЕЛЕСКОПА**

П. С. Филатов

Институт автоматики и электрометрии СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Большой солнечный вакуумный телескоп (БСВТ) является основным инструментом Байкальской астрофизической обсерватории и предназначен для наблюдения и регистрации тонкой структуры солнечных активных образований.

Существующая АСУ БСВТ выполняет задачи управления телескопом во время проведения экспериментов и регистрации данных. На сегодняшний день требуется расширение функциональных возможностей и улучшение технических характеристик АСУ на основе использования современных средств программного и аппаратного обеспечения. Для решения этой задачи Лаборатория интегрированных информационных систем управления Института автоматики и электрометрии СО РАН разрабатывает модернизированный вариант АСУ БСВТ.

В условиях территориальной удаленности от объекта автоматизации и отсутствия полной комплектации программно-аппаратного комплекса, используется имитационный подход к отладке АСУ БСВТ. Цель работы состоит в том, чтобы создать конфигурируемый программный имитатор оптико-механических узлов БСВТ на основе шаговых двигателей компании Intelligent Motion Systems INC., который позволит отладить большую часть ПО АСУ БСВТ в условиях стендовых испытаний, а также использовать его в качестве тренажера для оператора телескопа.

Программный имитатор был реализован на языке C++ при помощи инструментария Qt как Windows приложение и представляет собой «черный ящик», способный имитировать выполнение команд, отправленных через интерфейс RS-232 из ПО АСУ БСВТ, запущенного на другом компьютере. Многопоточная архитектура позволяет имитировать одновременную работу нескольких двигателей. Имитатор позволяет: 1) задавать и изменять конфигурацию двигателей; 2) визуализировать отработку команд; 3) сохранять и восстанавливать образ системы после выключения питания; 5) моделировать временные характеристики отклика двигателей при отработке команд; 6) ускорять время отработки некоторых команд АСУ БСВТ.

Научный руководитель – канд. техн. наук А. Н. Бевзов.

## РЕНТГЕНОВСКИЙ АНАЛИЗАТОР ПОТОКА МНОГОФАЗНОЙ ЖИДКОСТИ

Ю. М. Черепенников

Томский политехнический университет

Технологии мониторинга потока многофазной жидкости уже сейчас оказывают значительное влияние на экономику в нефтегазовой отрасли и обеспечивают большие перспективы оптимизации капитальных вложений и текущих расходов. Кроме того, использование новых технологий мониторинга позволяет отказаться от эксплуатации сепараторов, и тем самым минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и риски разливов нефти.

В работе предложена схема двухволнового рентгеновского анализатора потока многофазной жидкости и проведены расчеты основных его характеристик.

Предложенный анализатор имеет следующую схему устройства: анализируемая нефть проходит через анализатор по трубе, на одной из сторон которой установлен источник рентгеновского излучения, а на другой двухканальный блок регистрации рентгеновского излучения. При этом проба подается в анализатор при рабочем давлении и рабочей температуре потока, без предварительной пробоподготовки. По степени поглощения рентгеновского излучения устанавливается массовое содержание фаз смеси.

Согласно результатам моделирования для реализации двухволновой технологии анализа достаточна мощность источника рентгеновского излучения 60-300 Вт при использовании в тракте детектирования акустических монохроматоров [1] в качестве диспергирующих элементов. Предложенный анализатор способен обеспечить преимущества не только над сепарационными установками, но и над другими известными рентгеновскими анализаторами. Оценка времени необходимое на одно измерение составляет величину 1-10 сек с пределом обнаружения 1 %, у имеющихся аналогов эта характеристика составляет 60-300 сек.

---

1. А. С. Гоголев, Ю. А. Попов, А. Р. Вагнер и др. Рассеяние рентгеновского излучения в деформированных кристаллах //Известия вузов. Физика, 2010. -т. 53 -№ 11/2 -с. 33-38

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. С. Гоголев

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ 3D МИКРООБРАБОТКИ**

С. А. Шоев

Институт автоматики и электрометрии СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Лазерная микрообработка является быстроразвивающейся областью технологического применения лазеров, которая позволяет формировать структуры с субмикронной точностью и высоким быстродействием по произвольным САД-моделям. При взаимодействии мощного лазерного излучения с веществом протекает множество нестационарных физико-химических процессов, поэтому линейные и угловые размеры полученных структур могут отличаться от заданных в САД-модели значений.

Для формирования структур с высокими качественными показателями требуется задать траектории перемещения лазерного пучка с субмикронной точностью и определить оптимальные параметры лазерной микрообработки. В лаборатории лазерной графики ИАиЭ СО РАН разработано программное обеспечение MarkKey, которое позволяет задавать траектории и режимы лазерной микрообработки по 2D моделям, а также послойно обрабатывать материал по траекториям, сгенерированным по 3D моделям.

Для задания траекторий по 3D моделям используется программный пакет ArtCAM, который обычно используется для задания траекторий фрезерной обработки. Тестирование установило, что ArtCAM не позволяет генерировать траектории с субмикронной точностью, не позволяет учесть особенности лазерной микрообработки (размер пятна, характеристики системы управления и оптической системы). Целью настоящей работы является разработка программных средств для задания прецизионного перемещения лазерного пучка по 3D модели с учетом особенностей лазерной микрообработки.

В ходе работы проанализированы существующие решения и установлено, что нет открытых программных средств для подготовки задания высокоразрешающей обработки материалов. Поэтому, были реализованы программно-алгоритмические средства MarkCAM для технологической подготовки процесса лазерной 3D микрообработки. Реализован импорт моделей в формате .STL, послойный обход модели, вычисление траекторий с точностью до 0.1 мкм и сохранение траекторий в формате G-код.

Научный руководитель – канд. техн. наук В. П. Бессмельцев.

# РАДИОФИЗИКА И УСКОРИТЕЛИ

УДК 537.811

## ПРЕЦИЗИОННЫЙ БЕСКОНТАКТНЫЙ ДАТЧИК ТОКА

Ю. С. Актершев

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

Совершенствование электрофизических установок сопровождается постоянным ужесточением требований к точности и стабильности систем питания различных электромагнитных нагрузок. Важным элементом таких систем являются датчики тока, метрологические характеристики которых во многом определяют параметры системы в целом. Распространены следующие типы измерителей: токовые шунты, трансформаторы тока и бесконтактные измерители.

При использовании токовых шунтов требуется их охлаждение, так как на них рассеивается большая мощность. Величина их сопротивления зависит от температуры, кроме того они не обеспечивают гальванического разделения входных и выходных цепей.

Трансформаторы тока, работающие на основной гармонике частоты возбуждения, имеют ограниченную точность и большой уровень помех на выходе.

Наилучшими метрологическими характеристиками обладают бесконтактные измерители тока на основе магнитомодуляционных датчиков чётной гармоники. Характеристики таких устройств позволяют использовать их как в системах измерения тока, так и в системах его стабилизации.

В данной работе проводится исследование метрологических характеристик устройства, позволяющего измерять ток любой полярности произвольной формы в полосе частот  $0 \div 1 \text{ кГц}$  с погрешностью не более 0,001%.

Научный руководитель – А. Г. Чупыра.

**ЭЛВ-4-6: ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

К. А. Брызгин

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

Ускорители электронов ЭЛВ используются в промышленности по всему миру, облучая продукцию для различных целей. В данной работе исследуется новая разработка ИЯФ – ускоритель ЭЛВ-4-6 (1.2 МэВ, 100 КВт), модернизированный ЭЛВ-4. Первичная обмотка и магнитопроводы были удлинены и разделены на две части. Кроме того, в выпрямительной схеме ускоряющего напряжения были использованы конденсаторы меньшей емкости из-за прекращения выпуска прежних конденсаторов.

В данной работе исследуется влияние зазора между составными элементами: первичной обмоткой и магнитопроводами, т. к. идеальная состыковка конструктивно невозможна. В первых экспериментах выяснилось, что провал магнитного потока в районе зазора в первичной обмотке, составленной из двух частей, составил 40%, что примерно в 2 раза больше ожидаемого. Были выяснены и описаны два эффекта, увеличивающие провал: влияние частей первичной обмотки друг на друга и индуцированный ток в металлическом котле-контейнере ускорителя. В расчетах применялись аналитические вычисления и моделирование в SAM. В итоге создана модель, описывающая магнитный поток по всей длине ускорителя. Переменный магнитный поток наводит ЭДС, которая выпрямительными секциями преобразуется в постоянное напряжение. Из-за провала магнитного потока распределение напряжения по секциям неравномерно. Измеренная максимальная неоднородность напряжения секций составила 15% , что допустимо для работы ускорителя.

Использование новых конденсаторов увеличило пульсации выпрямленного напряжения, следовательно, энергии электронов. С помощью специально разработанного датчика были измерены пульсации для разных режимов работы ускорителя. На рабочих режимах  $E=0.8$  МэВ,  $I=100$  мА и  $E=1.2$  МэВ,  $I=83$  мА пульсации составили соответственно  $\pm 13\%$  и  $\pm 8\%$ . Пульсации изменяют распределение поглощенной дозы облучения в веществе, однако расчеты показали, что изменения распределения дозы на рабочей глубине незначительны.

В данной работе были выяснены и описаны эффекты, определяющие провал потока магнитного поля в районе стыковки первичных обмоток, предложены способы модернизации ускорителя для улучшения однородности потока.

Научный руководитель – д-р техн. наук Н. К. Куксанов.

## МАКЕТИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ИНЖЕКЦИОННОГО КИКЕРА

Д. Е. Будеев

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

За многие годы развития экспериментальная физика прошла долгий путь от элементарных опытов до современных исследований. Наверное, вершиной развития научной мысли в наше время можно назвать эксперименты по изучению физики элементарных частиц. Для проведения экспериментов в ней потребовалось сконструировать и построить ускорители заряженных частиц.

Применение ускорителей заряженных частиц с каждым годом растет. Их важной частью является магнитная система, которая обеспечивает поворот и фокусировку частиц. Неотъемлемым элементом магнитной системы современного циклического ускорителя являются импульсные магниты, используемые для впуска или выпуска частиц из основного кольца ускорителя. Кикер – это импульсный магнит, к длительности “удара” которого предъявляются наиболее жесткие требования. Обычно для обеспечения однооборотной инжекции длительность импульса поля кикера не должна превышать двух оборотов частицы в кольце. Для циклических ускорителей электронов на средние энергии (несколько ГэВ) эти времена составляют доли – единицы микросекунд. Наряду с короткой длительностью для обеспечения эффективного впуска (или выпуска) амплитуда импульса поля должна обладать стабильностью ~0.1-1%.

Целью данной работы было макетирование генератора для инжекционного кикера в накопительное кольцо источника синхротронного излучения МАХ-4. Основной особенностью данного генератора является относительно жесткие требования к стабильности амплитуды выходного тока ( $\pm 0.1\%$ ) и достаточно короткая длительность импульса ~500нс.

В результате работы был создан макет генератора, ключевыми элементами которого являются: полупроводниковые диоды и коммутатор. Для ограничения обратного выброса тока в генераторе используются диоды Шоттки на основе карбида кремния. Были исследованы свойства этих новых приборов в режиме больших импульсных токов с быстрым обратным восстановлением. Проведено исследование возможности использования полупроводникового коммутатора в схеме данного генератора.

Научный руководитель – А. А. Корепанов.

## АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ НАПРЯЖЕНИЙ ИНДУКТОРОВ ЛИУ-2

М. Ю. Васильев

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

В Институте Ядерной Физики СО РАН разработан комплекс для импульсной рентгенографии на базе линейного индукционного ускорителя с энергией 2 МэВ (ЛИУ-2), основным достоинством которого является высокая разрешающая способность. Необходимого качества изображения удалось добиться с помощью минимизации дисперсии энергии по длине пучка.

Для этого, на ускоряющие элементы (индукторы) необходимо подавать напряжение, отклонение которого от трапецевидной формы не превышает 1%. Следовательно, к измерению напряжений индукторов выдвигаются аналогичные требования. Суммирование полученных напряжений является единственным способом измерения полной энергии пучка.

Данная работа посвящена точному измерению напряжений на индукторах ЛИУ-2. Целью работы является разработка алгоритма, способного восстанавливать сигналы с емкостного делителя напряжения с точностью порядка 1%.

Алгоритм основан на численном решении уравнения, описывающего переходной процесс в измерительной системе. Решение проводилось в два этапа. Сначала передающий тракт моделировался, как линия без потерь. В этом случае ошибку измерений удалось снизить с 10% до 5%.

Для дальнейшего повышения точности была построена модель с учётом потерь, возникающих из-за скин-эффекта. Численное решение строится во временной области, что позволило избежать неустойчивостей, возникающих при работе в частотной области. Использовалось разложение падающей и отражённой волн в ряд по функциям Хевисайда, с последующим применением переходной функции коаксиальной линии к каждому члену ряда. Такой подход позволил добиться необходимой точности.

Автором была написана программа, численно решающая полученное уравнение, и проведена экспериментальная проверка работоспособности алгоритма для тестовых сигналов, подаваемых на измерительную систему. В итоге, получена точность восстановления не хуже 1%.

Научный руководитель – канд. техн. наук Г. А. Фатькин.

## ИМИТАТОР РАЗРЯДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

М. Н. Волочаев

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени  
академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск

Для наземных испытаний систем электропитания космических аппаратов используются имитаторы аккумуляторных батарей (АБ). Улучшение массогабаритных характеристик бортового энергопреобразующего оборудования идёт по пути повышения частоты импульсной модуляции, что предъявляет повышенные требования к имитации динамических характеристик АБ. Анализ показывает, что таким требованиям отвечают имитаторы с непрерывным законом управления и воспроизведения характеристик АБ, Однако, существенным недостатком таких имитаторов АБ является низкий коэффициент использования электроэнергии и, следовательно, большие тепловыделения, масса и габариты. На рис. 1 представлена структурная схема имитатора разрядных характеристик, объединяющая принципы непрерывного и импульсного регулирования, что позволяет воспроизводить динамические свойства АБ, при относительно низкой мощности потерь. Импульсный стабилизатор тока (ИСТ) стабилизирует ток через непрерывный регулирующий элемент (НРЭ), который управляет током нагрузки (Н) и стабилизирует напряжение на нагрузке. Управление НРЭ производится путем сравнения в усилителе-сумматоре (УС1) падения напряжения на делителе (ДН) с опорным напряжением ( $U_{оп1}$ ). Ток нагрузки, измеряемый датчиком тока (ДТ1), проходя через интегратор (ИНТ), задающий емкость АБ, поступает на функциональный преобразователь, где задается форма разрядной характеристики АБ.

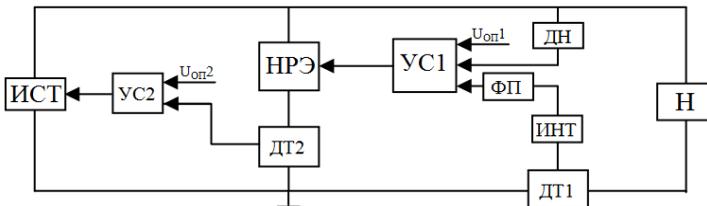


Рис. 1. Структурная схема имитатора разрядных характеристик  
аккумуляторной батареи

Научный руководитель – канд. техн. наук Е. А. Мизрах.

## ПОВЫШЕНИЕ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ ГЕНЕРАТОРА НА ДИОДЕ ГАННА

А. С. Гопоненко, В. А. Кочумеев  
Томский политехнический университет

В работе проводится экспериментальная оценка повторяемости характеристик модуля генератора на диоде Ганна [1] в зависимости от изменяющихся параметров. К выходным характеристикам модуля относится выходная мощность, потребляемый ток, частота основного лепестка спектра. К изменяющемуся параметрам относится амплитуда импульса запуска и температура среды, в которой находится модуль. Основными задачами являются повышение выходной мощности и увеличение частотного диапазона работы модуля, что позволит избежать потери работоспособности модуля при некотором отклонении параметров диода Ганна. Рассмотрены измерения величин и их зависимостей, которые существенно важны для улучшения характеристик передающего модуля.

Измерения выходных параметров модуля проводились при постоянной скважности  $S=1000$  входного импульса, температуре среды  $t = -50 \div 50^\circ \text{C}$ , напряжении питания модуля  $U=90 \text{ В}$ . Замечено, что спектр определяется при определенной амплитуде импульса генерации в диапазоне  $U=30 \div 55 \text{ В}$ , в остальных случаях спектр представляет собой шум. При повышении длительности импульса наблюдается сужение диапазона и происходит переход спектра в область шумов.

Исследована зависимость выходной мощности от амплитуды и длительности импульса. Экспериментально установлено, что наблюдается квадратичная зависимость между мощностью и амплитудой генерации модуля и существует область достижения максимума мощности, которая незначительно меняется в диапазоне напряжений запускающего импульса  $U_{\text{amp}}=40 \div 45 \text{ В}$  при изменении длительности импульса. Зависимость выходной мощности от длительности импульса и потребляемого тока также имеет максимум.

Таким образом, экспериментально показано, что увеличение выходной мощности работы генераторного модуля связано с задачей расширения его частотного диапазона.

---

[1] Kochumeev V.A., Mirmanov A.B., Pushkarev V.P., Stukach O.V. Problems in design of the new microwave geophysical measuring system // 19-th International Conference on Microwave Radar and Wireless Communications (MIKON), 21-23 May 2012, Vol. 2, P. 516-518.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. О. В. Стукач.

## **ПИКАП-СТАНЦИЯ СИСТЕМЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПОДАВЛЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПУЧКА КОЛЛАЙДЕРА ВЭПП-4М**

А. А. Гуров

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Одним из основных ограничений, влияющих на эффективность электрон-позитронного коллайдера ВЭПП-4М в области высоких энергий, является поперечная неустойчивость пучков. Источником подобного рода неустойчивости может быть электромагнитное взаимодействие пучка с окружающей его структурой или взаимодействие со встречным пучком. Для подавления всех типов поперечной неустойчивости пучков заряженных частиц была разработана система цифровой обратной связи.

Основным устройством системы обратной связи является аналого-цифровой блок, служащий для обработки сигнала положения пучка и расчета сигнала коррекции орбиты пучка. Рабочая полоса частот аналого-цифрового блока 90 МГц, что позволяет работать с пучками в любой из 222 сепаратрис ускорителя, в том числе и соседних сепаратрисах. Другими достоинствами используемой цифровой схемы являются легкость изменения алгоритма работы и возможность реализации различных сопутствующих задач.

Входная часть системы обратной связи включает в себя преципапную электронику и пикап-станцию, работающую в полосе 20 МГц. Силовая часть системы: широкополосные усилители мощности и кикеры, позволяют работать одновременно на прямой и на отраженной волне, воздействуя на оба типа частиц. Рабочая полоса силовой части так же составляет 20 МГц.

В данной работе рассматривается модификация пикап станции действующей системы обратной связи. Так же обсуждается возможность кардинальной перестройки системы обратной связи при увеличении числа ступков в ускорителе до заполнения каждой сепаратрисы. Работа с каждой сепаратрисой требует увеличения рабочей полосы системы до 90 МГц. На такой частоте работа ферритовых трансформаторов пикап станции существенно ухудшается. Решением этой проблемы может стать использование микрополосковой технологии. В работе описан создаваемый сумма-разностный трансформатор, приведены основные характеристики отдельных элементов трансформатора.

Научный руководитель – Д. П. Суханов.

## ПРЕЦИЗИОННЫЙ КАЛИБРАТОР ТОКА

В. А. Докутович

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

В Институте ядерной физики СО РАН на протяжении многих лет разрабатываются источники стабилизированного тока, с долговременной стабильностью тока не хуже  $10^{-5}$ . Прецизионность таких источников питания зависит от качества измерителя тока, используемого в цепи регулирования выходного тока источника питания. Для калибровки бесконтактных измерителей тока необходим прецизионный калибратор, который имел следующие выходные параметры: Выходной ток  $\pm 10\text{А}$ , Выходное напряжение  $\pm 10\text{В}$ , ошибка регулирования выходного тока менее  $10^{-5}$ .

Данная работа посвящена разработке калибратора тока с требуемыми параметрами. Структурная схема калибратора тока включает: источник буферного питания, фильтр высоких частот, звено регуляции тока, измерительный шунт. Шунт резистивного типа, с погрешностью сопротивления не более 0,5% и с температурным дрейфом  $\pm 3 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ . Для повышения стабильности измеряемых величин применяется термостабилизация измерительного шунта на основе элемента Пельтье. Звено регуляции тока конструктивно представляет усилитель сигнала ошибки с линейным регулятором, который выполнен на двух ключах MOSFET.

Научный руководитель – канд. техн. наук О. В. Беликов.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВТОРНЫХ ГРОЗОВЫХ РАЗРЯДОВ

Д. И. Иванова

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова,  
г. Якутск

В [1] отмечается, что накопленные фактические данные о параметрах нисходящих молний не позволяют судить об их различиях в разных географических регионах. Поэтому для всей территории России их вероятностные характеристики приняты одинаковыми. Таким образом, исследования характеристик повторных грозовых разрядов в Северо-Восточной Сибири, где инструментальные наблюдения гроз только начаты, особенно актуальны.

Обработан материал инструментальных наблюдений радиоимпульсов 79 молниевых разрядов, зарегистрированных рядом с п. Батагай в июне 2011 г.

В [1] принято, что нисходящие молнии с положительными импульсами тока наблюдаются примерно в 10 % случаев. В 70 % нисходящих отрицательных молний за первым импульсом наблюдаются последующие с меньшими амплитудами. Наши наблюдения показали, что количество положительных разрядов составляет 3%. Среднее, медианное и модальное значение числа повторных разрядов в одной молнии – 3, минимальное 2, а максимальное 7. Для общей длительности молнии получены значения: среднее 317 мс, медиана 140 мс, минимум 13 мс и максимум 1844 мс. Разность времени между повторными разрядами: среднее 157 мс, медиана 6 мс, минимум 13 мс и максимум 1088 мс. Частота максимального квазиполупериода: среднее 15,8 кГц, медиана 11,2 кГц. Отношение амплитуд первого и последующего разряда: среднее 1,2, медиана 1,1, минимальное 0,6 и максимальное 1,4.

Работа поддержана грантами РФФИ 12-05-98528-р\_восток\_а и 12-02-00174-а и программами Мин. Ои НРФ Гос. задание 2.1626.2011 и ФЦП НиН-ПКИР Соглашение № 8404.

---

1. ИНСТРУКЦИЯ ПО УСТРОЙСТВУ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ РД 34.21.122-87. Москва ГОСЭНЕРГОНАДЗОР 1995 г.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук В. И. Козлов.

## РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ НАПРАВЛЕННОГО ОТВЕТВИТЕЛЯ С ЗАДАНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В. В. Козлов

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

В настоящее время ускорители и ускорительная техника развиваются с большой скоростью. Одной из актуальных задач физики ускорителей и является формирование пучков для инъекции в ускоряющую структуру.

В ИЯФ СО РАН ведутся работы по созданию ВЧ инжектора электронов для ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров. ВЧ инжектор, работающий на частоте 100 МГц, должен формировать сгустки длительностью 0.8 нс ( $\sim 30^\circ$ ), средним током пучка 50 мА, энергией пучка на выходе 50 – 100 кэВ. Инжектор состоит из коаксиального резонатора и генератора мощности. Мощность от генератора к резонатору передается по жесткому коаксиальному фидеру.

Важным вопросом в работе инжектора является согласование генератора мощности с резонатором нагруженным током пучка. В режиме согласования вся мощность от генератора передается в резонатор. Часть переданной мощности идет на ускорение пучка электронов, остальная мощность идет на нагрев стенок резонатора. Мощность, прошедшую в резонатор, можно определить, зная амплитуду падающей волны в фидере коэффициент отражения от резонатора. Коэффициент отражения есть отношение отраженной волны к падающей.

Для измерения амплитуд падающей и отраженной волн в коаксиальном фидере удобно использовать направленный ответвитель.

В данной работе произведены расчеты направленного ответвителя с заданными электродинамическими параметрами. Рассмотрены несколько вариантов направленного ответвителя при различных конструктивных параметрах. Целью работы является сравнение характеристик различных конструктивных вариантов направленного ответвителя.

В работе приводятся зависимости переходных ослаблений и направленностей при различных значениях частоты и длин направленных ответвителей.

Научный руководитель – К. Н. Чернов.

## ВНЕЗАПНЫЕ ФАЗОВЫЕ АНОМАЛИИ ОНЧ СИГНАЛА РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СТАНЦИИ НА ТРАССЕ НОВОСИБИРСК – ЯКУТСК

А. А. Корсаков

Институт космических исследований и астрономии  
им. Ю. Г. Шафера СО РАН, г. Якутск

Резкие возрастания электронной концентрации в нижней ионосфере Земли во время вспышек на Солнце приводят к внезапным фазовым аномалиям (ВФА) электромагнитных сигналов диапазона ОНЧ (3-30 кГц). Как и в [1] для описания зависимости величины ВФА от потока рентгеновского излучения и от зенитного угла Солнца выбрано выражение:

$$\Phi = A + B \cdot \lg P + C \cdot \lg (\cos(X)), \quad (1)$$

где  $\Phi$  – вариация фазы сигнала, приведённая к единице протяжённости трассы [градус/Мм];  $P$  – поток излучения Солнца в диапазоне 1 – 8 Å [Вт/м<sup>2</sup>];  $\cos(X)$  – усредненное вдоль трассы распространения значение косинуса зенитного угла Солнца. Проанализированы данные о ВФА, по радиосигналам навигационной системы "Альфа" на трассе Новосибирск – Якутск (11,9 кГц) с 2009 по 2012 гг. Методика регистрации сигналов описана в [2]. Методом наименьших квадратов получены оценки параметров  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Летний период:  $A = 64,41 \pm 2,42$ ,  $B = 10,90 \pm 0,47$ ,  $C = 10,48 \pm 0,98$ . Зимний период:  $A = 54,27 \pm 4,10$ ,  $B = 8,94 \pm 0,76$ ,  $C = 4,90 \pm 1,52$ . Зависимость ВФА от  $\cos(X)$  на трассе Новосибирск – Якутск летом более сильная ( $C/B \approx 1$ ). Пороговая чувствительность эффекта ВФА по потоку излучения  $P$ , ( $A/B$ ), слабо зависит от сезона.

---

1. Беленький М.И., Орлов А.Б., Пронин А.Е., Уваров А.Н. О зависимости величины ВФА СДВ от зенитного угла Солнца на протяжённых трассах в различных широтах // Труды VIII региональной конференции по распространению радиоволн. Санкт-Петербург. 2002 г., С. 25.

2. Р.Р. Каримов, В.И. Козлов, А.А. Корсаков, В.А. Муллаяров, В.П. Мельчинов. Вариации параметров сигналов радионавигационных станций, регистрируемых в Якутске в диапазоне очень низких частот // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 57-62.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент В. И. Козлов.

## **ЦИФРОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ СЕМЕЙСТВА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ**

Е. С. Котов

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

На любой современной физической установке можно найти элементы и даже целые системы, работающие в импульсном режиме. Преимущество такого режима заключается в принципиальной возможности достижения большой мощности в условиях ограниченной энергии. Импульсный режим работы порождает специфический класс измерений, отличительной особенностью которых является необходимость измерения мгновенных значений физических величин в определенные, строго привязанные к рабочему циклу установки, моменты времени.

Целью данной работы является построение серии высокоскоростных осциллографических модулей на базе единой схемотехники. Предполагается три варианта исполнения: четырех-, двух- и одноканальный с частотой выборки 250 MSPS, 500 MSPS и 1 GSPS соответственно.

Единая схемотехника серии включает в себя четыре АЦП с частотой выборки 250 MSPS. Универсальность же заключается в возможности при единой основной части, заменяя входной тракт, получать другое устройство. Так, например, для версии с частотой выборки 1 GSPS все четыре АЦП тактируются сигналом со сдвигом фаз  $90^\circ$  и используются широкополосный входной усилитель. В случае 500 MSPS полоса усилителей уже и АЦП тактируются со сдвигом фаз  $180^\circ$ .

При такой работе необходимо учитывать неидеальность их синхронизации, которая определяется неравносностью задержек в сигнальном тракте и тракте тактирования, которые зависят от массы внешних факторов, и, следовательно, нестационарны. В связи с этим необходима периодическая калибровка, в результате которой измеряются задержки каждого АЦП, и последующая корректировка данных.

В докладе описана структура цифровой части модуля, основанная на FPGA Altera Cyclone III и программном процессоре NIOS II, запущенном внутри FPGA. Так же описан метод калибровки АЦП и коррекции выходных данных. Кроме того представлен процесс взаимодействия между модулем и контроллером по VME шине.

Научный руководитель – А. В. Павленко.

## ИМПУЛЬСНЫЙ СВЧ ГЕНЕРАТОР НА ДИОДЕ ГАННА ДВУХСАНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

В. А. Кочумеев, А.С. Гопоненко  
Томский политехнический университет

В настоящее время интенсивно ведутся разработки по созданию мощных генераторов на диоде Ганна, которые способны заменить генераторы на магнетронах. СВЧ генераторы на магнетронах имеют большой вес, габариты и требуют высоковольтного питания. Импульсные генераторы на диоде Ганна лишены вышеописанных недостатков, и не уступают по техническим характеристикам магнетронам.

Диод Ганна представляет собой однородный кристалл полупроводникового материала, на основе элементов III-V групп таблицы Менделеева. К таким полупроводниковым материалам относится GaAs, InSb, InAs, ZnSe и CdTe. Однако, наиболее характерным для диодов Ганна и наиболее исследованным является GaAs.

В работе рассматривается импульсный генератор СВЧ колебаний на диоде Ганна двухсантиметрового диапазона длин волн, предназначенный для работы в составе радиотехнических систем и радиоэлектронных средств. Генератор состоит из **возбудителя** и **волноводного резонатора** с установленным в ней диодом Ганна типа 3A762, с рабочим диапазоном частот 14,5...15 ГГц, выходной мощностью 25...30 Вт. Диапазон рабочих температур  $\pm 50^{\circ}$  С. Управление генератором может быть обеспечено сигналами ТТЛ – уровня.

В состав возбудителя входят: самоуправляемый ограничитель, трехкаскадный импульсный усилитель на транзисторах, устройство управления амплитудой импульса возбуждения диода Ганна.

Волноводный резонатор выполнен в виде отрезка волновода сечением 16×8 мм и длиной 40 мм. Генераторный диод устанавливается внутри волновода на расстоянии  $\lambda/4$ , либо  $3\lambda/4$  от его закороченного края, где  $\lambda$  – требуемая длина волны генерируемого колебания.

В результате проделанной работы был создан импульсный генератор на диоде Ганна двухсантиметрового диапазона длин волн, мощностью не менее 30 Вт, несущая частота 15 ГГц, длительность импульсов запуска 50-1000 нс, скважность генерируемых импульсов не менее 500.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. О. В. Стукач.

## **ПРОСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ИМПУЛЬСОВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА СПИРАЛЬНЫХ ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЯХ**

И. Ю. Красников

Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск

В работе рассмотрены источники высоковольтных импульсов, состоящие из малого числа деталей, основанные на полосковых линиях свернутых в рулон. Полосковая линия выполняет несколько функций одновременно: первичного емкостного накопителя энергии, повышающего трансформатора, вторичного емкостного накопителя, согласующей линии [1, 2, 3]. Внутренние параметры таких генераторов жестко связаны между собой и изменение одного из них приводит к изменению других.

Предложены различные конфигурации генераторов на основе спиральных полосковых линий, отличающихся количеством одношннных и двухшннных витков в спирали, наличием добавленных внешних или внутренних дополнительных витков одношннной линии, при этом форма выходного сигнала и КПД может существенно изменяться. Время нарастания выходного напряжения источников составляет десятки – сотни наносекунд, рабочие напряжение – от 100 до 1000 кВ.

Для многих из них, не смотря на простоту, составление моделей затруднено, т.к. в устройствах существуют несколько типов резонансных колебаний в системе связанных осцилляторов и имеются волны, которые распространяются вдоль длинных линий, входящих в осцилляторы. В работе приводится сопоставление полученных экспериментальных результатов с существующими на настоящий момент моделями.

Приводится пример применения одной из перечисленных в работе конфигурации простых источников высоковольтных импульсов для создания импульсных рентгеновских аппаратов с высоким КПД на напряжение 240 и 600 кВ.

---

1. R.A. Fitch and V.T.S. Howell, Proc. IEE 111, 849 (1964).

2. Белкин Н.В., Жаркова А.Я. А.с. 149494 СССР, Класс 21d2, 49. Импульсный трансформатор. Заявлено 06.09.1961 г. за №744249/26-9. Бюллетень изобретений № 16, 1962.

3. Пальчиков Е.И., Рябчун А.М., Красников И.Ю. Модифицированный спиральный генератор высоких напряжений для питания импульсного рентгеновского аппарата. ЖТФ. Т. 82 Вып. 2, с. 136-146. 2012.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. Е. И. Пальчиков.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ТАЛЬБОТА ПРИ РАЗМЕРАХ ОТВЕРСТИЙ В ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕТКАХ ПОРЯДКА ДЛИНЫ ВОЛНЫ

И. Д. Маркова

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

Электромагнитное поле за предметом, освещённым плоской монохроматической волной, представляет собой набор дифрагированных волн. Если в предметную плоскость поместить периодическую решётку, то на некотором расстоянии от неё в результате интерференции дифрагированных волн воспроизводится структура интенсивности света в плоскости сразу после решётки. Впервые этот эффект наблюдал Генри Фокс Тальбот в 1836 году. Недавно на установке Новосибирский лазер на свободных электронах (НЛСЭ) был впервые продемонстрирован эффект Тальбота в терагерцовом диапазоне при использовании двумерных периодических решеток. Диаметр отверстий в решетках был существенно больше, чем длина волны излучения ( $d > 7\lambda$ ).

В данной работе был исследован эффект Тальбота для решеток с размером отверстий порядка и меньше длины волны при  $\lambda = 140$  мкм. Целью работы была проверка существования данного эффекта для решеток со столь малыми отверстиями. Регистратором излучения служил матричный микроболометрический приемник (МБМ) с числом элементов  $320 \times 240$ . Размер каждого элемента был 51 мкм, т. е. значительно меньшим длины волны. Излучение НЛСЭ падало по нормали на решетку из периодических круглых отверстий диаметром от  $0,25\lambda$  до  $3\lambda$ . Период всех решеток был равен 1 мм. Для каждой решетки с помощью МБМ снималась серия из 749 кадров вдоль оптической оси.

Эффект Тальбота был зарегистрирован для решеток с отверстиями диаметром  $0,75\lambda$ ,  $\lambda$ ,  $2\lambda$  и  $3\lambda$ . По измерениям были найдены положения основных и промежуточных плоскостей Тальбота, определена длина волны излучения для каждого эксперимента. Был рассмотрен эффект исчезновения плоскостей и приведено сравнение теоретических и экспериментальных результатов. Промежуточные плоскости Тальбота, в которых размер изображения каждого отверстия должен быть меньше длины волны, не наблюдались.

Таким образом, показано, что эффект Тальбота может наблюдаться для решеток с отверстиями диаметром порядка длины волны излучения.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Б. А. Князев.

## ТЕРАГЕРЦОВАЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С ЭЛЕМЕНТОМ НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

М. С. Митьков, Ю. Ю. Чопорова

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный технический университет

Сегодня ведутся интенсивные исследования в области терагерцовой спектроскопии. Спектроскопия поглощения в этом диапазоне трудно реализовать, поскольку поглощение воды в этом диапазоне очень велико, и при исследовании растворов необходимо выделить слабое дополнительное поглощение растворенного вещества на фоне поглощения воды. Измерения такого рода можно выполнить, используя метод нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), в котором используется ослабление излучения при отражении излучения от поверхности призмы с нанесенным на ее поверхность образцом. Применение изображающей спектроскопии позволяет исследовать пространственно-неоднородные объекты. Другой важной особенностью является возможность наблюдения динамически изменяющихся объектов. НПВО спектрометр был ранее реализован на Новосибирском лазере на свободных электронах.

При отражении параллельного монохроматического терагерцового пучка от поверхности призмы изображение плоскости образца, формируемое линзой в плоскости предметов, получается наклонным, а, следовательно, нерезким. Для решения этой проблемы мы использовали два способа записи. В первом случае поперечное сечение пучка сканировалось матричным микроболометрическим приемником, помещенным на моторизованную

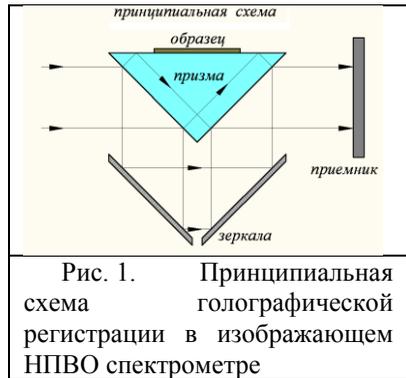


Рис. 1. Принципиальная  
схема голографической  
регистрации в изображающем  
НПВО спектрометре

подвижку, вдоль оптической оси в плоскости предметов, а изображение образца синтезировалось из прямоугольных фрагментов разных кадров. Во втором случае мы впервые для НПВО-систем использовали голографическую запись (рис. 1) и восстановление изображения.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Б. А. Князев.

## МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ДЕТЕКТОР МОЩНОГО ПУЧКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Е. О. Назаров

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

В Институте ядерной физики СО РАН для развития методики бор-нейтронозахватной терапии злокачественных опухолей создан ускорительный источник эпитепловых нейтронов. Генерация нейтронов в результате реакции  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$  осуществляется при сбросе пучка протонов с энергией 2 МэВ на литиевую мишень. Пучок протонов производится на новаторском компактном ускорителе-тандеме с вакуумной изоляцией, отличающимся быстрым темпом ускорения частиц. Для изучения транспортировки и ускорения заряженных частиц требуется применение диагностических методик.

Целью данной работы было создание детектора мощного пучка заряженных частиц, включающее разработку принципиальной схемы, разводку и печать электрической платы, сборку и настройку прибора. Особенностью детектора является большое количество каналов – 48, из-за чего применены коммутаторы и последовательный опрос каждого канала. При выборе параметров детектора учитывалось, что пучок можно считать стационарным (длительность опроса всех каналов порядка секунды).

В результате работы создан детектор, использующийся на реальном ускорителе и позволяющий получить информацию о пространственном распределении частиц в пучке.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук С. Ю. Таскаев.

## ОРГАНИЧЕСКИЙ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИЙ ДИОД

А. Ю. Олисовец

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

В настоящее время средства отображения информации в виде матричных дисплеев, построенных на базе органических светоизлучающих диодов (ОСИД) получают все более широкое распространение при использовании в телефонах, фотоаппаратах, аудиоплеерах и др. Это объясняется уникальными свойствами таких дисплеев – это большой угол обзора, высокий контраст, возможность создания гибких панелей и т.д.

Данная работа посвящена обзору основных конструктивных и технологических параметров ОСИД как элементарной ячейки матричного дисплея.

На основе проведенных патентных исследований глубиной 4 года по электронным базам данных ЕПВ, патентного ведомства США, Японии, европейского патентного офиса и данных литературных источников установлено следующее.

ОСИД состоит из слоев материалов. Самый простой двухслойный, ОСИД состоит из катода, органического излучающего слоя, дырочного транспортного слоя и анода, защищенные от воздействия влаги и кислорода воздуха внешним защитным слоем. Проблема таких светодиодов состоит в том, что они подвержены разрушению, в случае если будет нарушена его защитная оболочка. Поэтому, для надежной и долговременной работы ОСИД вводятся дополнительные слои, такие как, электронный проводящий слой между катодом и излучающим слоем, и слой материала с низким энергетическим уровнем, который расположен между анодом и дырочным транспортным слоем.

Проведен анализ двух технологических направлений в производстве ОСИД: это осаждение из газовой фазы (при использовании низкомолекулярных материалов) и нанесение из раствора (для полимеров). Нанесение материалов газо-фазным методом является более точным, но и более сложным и экономически менее выгодным. Показано, что применение струйной (принтерной) печати в создании ОСИД на основе полимерных материалов является более выгодным и перспективным решением для массового производства изделий органической электронной техники.

Научный руководитель – д-р техн. наук В. И. Туев.

## ЭЛЕКТРОННАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ЧАСТОТЫ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА

И. А. Насибулов

Специализированный учебно-научный центр НГУ

*Уединенные волны – солитоны* стали традиционными объектами естественных наук и техники. Солитоны исследованы во многих средах. Электромагнитные импульсы в нелинейной диспергирующей линии передачи также могут распространяться в виде солитонов.

Дискретные *LC*- линии передачи известные в линейной теории цепей при замене нелинейными индуктивностями *L* и емкостями *C* допускают реализацию разнообразных дисперсионных и нелинейных характеристик сред. Поэтому изучение нелинейных диспергирующих линий передач представляют большой научный и практический интерес.

В работе [Д.Ч. Ким // ЖТФ, т. 83, вып. 3, с. 31-40] подробно теоретически рассмотрены видеосолитоны линии передачи с нелинейностью *p-n* – перехода. Однако, в линии передачи возможно также распространение радиосолитонов нелинейного уравнения Шредингера (НУШ). Солитоны кубического НУШ подробно изучены в нелинейной оптике. Кубическую нелинейность в *LC*-линии передачи можно реализовать встречно-параллельным включением двух варикапов. Помимо этого, в линии можно изучать радиосолитоны НУШ со степенной нелинейностью вида:

$$i\psi_\tau - \beta\psi_{\xi\xi} - \alpha|\psi|^{1/2}\psi = 0.$$

Целью данной работы является экспериментальное изучение и поиск *p-n* – переходов, обеспечивающих степенную нелинейность линии передачи.

Для этого изготовлен макет установки для измерения вольт-фарадной характеристики *p-n* – перехода резонансным методом. Изменением напряжения смещения перестраивается измеряемая резонансная частота. Для развязки колебательного контура от измерительной цепи используется трансформаторная связь. Сигнал с обмотки связи подается на вход усилителя, собранного на биполярном транзисторе. Колебательный контур возбуждается от прибора АЧХ Х1-48. На прибор АЧХ от прецизионного генератора подается регулируемая частота, которая высвечивается на экране прибора в виде метки. Регулируя частоту генератора, совмещают метку с максимумом резонансной кривой. По измеренным опытным данным методом наименьших квадратов найдены эмпирические зависимости емкости *p-n* – перехода от напряжения смещения.

Научный руководитель – доцент Д. Ч. Ким.

## ТЕРАГЕРЦОВАЯ ПОЛЯРИМЕТРИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ

Д. Г. Родионов, Ю. Ю. Чопорова

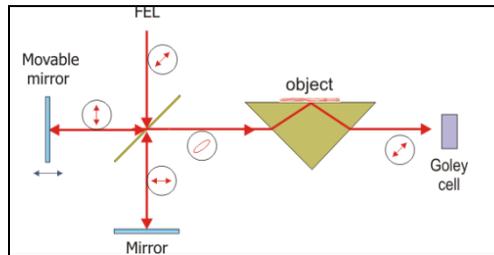
Институт ядерной физики имени Г. И. Будкера СО РАН

Новосибирский государственный университет

Новосибирский государственный технический университет

Поляриметрия широкоприменяется при исследовании дихроизма различных сред в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. В ТГц диапазоне, однако, она практически не реализована, хотя она представляет интерес, поскольку биологические молекулы, имеющие резонансы в этом спектральном диапазоне, часто являются энантиомерами. Энантиомеры – это пары молекул, характеризующихся противоположными по знаку и одинаковыми по величине вращениями плоскости поляризации. Известно, что в живых системах “работать” может только одна из модификаций, всегда синтезируемая живыми организмами. Вторая модификация, в лучшем случае, может быть бесполезной, а в худшем, – вредной. Один из способов наблюдения кругового дихроизма описан в данной работе.

В данной работе был разработан терагерцовый поляриметр, состоящий из интерферометра Майкельсона и спектрометра нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), с использованием в качестве



монохроматического терагерцового излучения лазера на свободных электронах (ЛСЭ). На рисунке приведена принципиальная схема терагерцового поляриметра. Поляризация излучения падающего на НПВО элемент изменялась путем перемещения одного из зеркал интерферометра (изменение длины одного из плеч приводит к фазовому сдвигу между плечами интерферометра, который в свою очередь приводит к изменению поляризации от линейной через правовращательную и левовращательную круговую к линейной).

Были исследованы различные тестовые и биологические объекты, в том числе с различными концентрациями энантиомеров.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Б. А. Князев.

## АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННОГО АНТЕННОГО УСТРОЙСТВА

Т. Е. Симович

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Гироскопические системы (ГС) применяются на различных подвижных объектах для решения задач управления, ориентации и навигации. В частности широко применяются в навигационных устройствах и системах управления кораблей и летательных аппаратов, а также в системах ориентации антенн, телескопов и других приборов, установленных на движущихся объектах.

Точностные характеристики ГС – главные факторы, определяющие эффективность выполнения задачи, поставленной перед системой ориентации или навигации. Однако основное свойство гироскопа нарушается при действии вредных моментов относительно осей подвеса и приводит к значительному увеличению погрешностей метода измерений.

Данная работа посвящена обеспечению точностных характеристик гиросtabilизированного антенного устройства, с учетом динамических характеристик системы.

За основу аналитического метода расчета был принят метод логарифмических амплитудных характеристик (л.ф.х.) как один из наиболее развитых методов инженерного синтеза систем автоматического регулирования. По результатам проведенных расчетов было установлено, что базовая частота системы, равна 5,8Гц. Таким образом, резонансные частоты собственных колебаний по всем осям вращения антенны должны быть  $\geq 3 \cdot f_0$ , то есть  $\geq 17,3\text{Гц}$ .

Далее была составлена расчетная схема динамических характеристик системы аналитическим методом, но решить данную задачу до конца невозможно, поэтому в качестве решения предлагается использовать конечно – элементный метод моделирования по средствам программного продукта ANSYS Workbench.

Полученная конечно – элементная модель гиросtabilизированного антенного устройства была проанализирована и исследована на резонансные частоты, с целью обеспечения требуемой точности наведения системы.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Н. А. Колбасина.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ЛИНЕЙНОГО ИНДУКЦИОННОГО УСКОРИТЕЛЯ НА ЭНЕРГИЮ 2 МЭВ, КАК САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

Д. А. Старостенко

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

В условиях действия Договора о всеобщем запрещении натуральных испытаний ядерных боеприпасов, рентгенографическая методика является одной из основных в процессе разработки и постановки на вооружение новых изделий. Для исследования быстро протекающих процессов на газодинамической стадии работы ядерного заряда требуется создание мощной импульсной рентгенографической установки. Наиболее подходящим источником тормозного рентгеновского излучения является линейный индукционный ускоритель, созданный в Институте ядерной физики им. Будкера СО РАН. При рентгенографическом исследовании ставится задача достижения субмиллиметрового пространственного разрешения. В получаемом изображении четкость зависит от однородности по энергии на протяжении всего импульса тока и качества фокусировки электронного пучка на мишени.

Целью научного исследования является: изучение и оптимизация различных режимов работы в рентгенографии, в том числе и предельных режимов нового линейного индукционного ускорителя.

Отличительной особенностью созданного ускорителя является возможность фокусировки электронного пучка с энергией 2 МэВ и током 2 кА в диаметр до 1.5 мм. Для получения качественного электронного пучка и эффективной фокусировки его на мишень, необходима тщательная настройка ускорителя.

- изучены способы получения однородности по энергии в электронном пучке на протяжении всего импульса тока;
- проведены стендовые испытания для настройки высоковольтной импульсной системы питания;
- расчет с помощью компьютерного моделирования показывает, что на энергии 1.45 МэВ и токе 1 кА электронный пучок можно сфокусировать в размер менее 1 мм на мишени;
- экспериментально получено на энергии 1.45 МэВ и токе 1 кА размер рентгеновского источника составляет не более 1.2 мм в диаметре.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, чл.-корр. РАН П. В. Логачев.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОДИННОГО ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

А. А. Трубачев

Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники

Одной из тенденций современной радиолокации является развитие теории и техники систем ближней радиолокации (СБРЛ), к которым относятся бортовые системы измерения дальности, радиолокационные датчики цели и т.д. Специфика функционирования СБРЛ состоит в том, что обнаружение радиолокационных объектов, определение их координат и параметров движения осуществляется на дальностях, сопоставимых с геометрическими размерами самих объектов.

Кроме того, использование волн миллиметрового диапазона особенно выгодно, при использовании в дыму, пыли, тумане, или других неблагоприятных условиях. В работе представлены результаты экспериментального исследования характеристик автодинного модуля на диоде Ганна, работающего на частоте 30-33 ГГц.

Принцип работы автодинного генератора заключается в изменении параметров автоколебаний генератора под воздействием внешнего, либо собственного отражённого от цели электромагнитного излучения. Возникающий автодинный отклик регистрируется в виде соответствующих сигналов либо в цепи питания генератора, либо внешним детектором, на который ответвляется часть его мощности.

Модуль состоит из резонатора, выполненного в виде отрезка волновода сечением  $5,2 \times 2,6$  мм, внутри которого, на расстоянии  $\lambda_B/2$  от короткозамкнутой стенки. Внутри резонатора помещен активный элемент – диод Ганна. Подстройка модуля по уровню выходной мощности осуществляется перемещением диода по высоте.

В статье приводятся результаты исследований зависимости параметров СВЧ сигнала (мощности и частоты) от напряжения питания, подаваемого на диод, вольтамперные характеристики, зависимость амплитуды автодинного отклика от напряжения на диоде Ганна, приводится структурная схема модуля и экспериментальной установки.

По результатам исследования рассмотрены возможности создания малогабаритного Доплеровского радиолокатора с возможностью селекции по дальности.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Г. Г. Гошин

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Актершев Ю. С. ....	35	Маршунин В. М. ....	19
Алексеев Д. В. ....	5	Махова В. А. ....	20
Амелин М. Д. ....	6	Медведев А. М. ....	21
Амирханов А. Н. ....	7	Мельникова Н. А. ....	22
Аргунов В. В. ....	8	Митьков М. С. ....	50
Белоусов Д. А. ....	9	Мукушев А. С. ....	11
Брызгин К. А. ....	36	Назаров Е. О. ....	51
Будеев Д. Е. ....	37	Насибулов И. А. ....	53
Васильев М. Ю. ....	38	Олисовец А. Ю. ....	52
Вишняков В. И. ....	10	Орлов Д. В. ....	20
Волочаев М. Н. ....	39	Пономарев В. С. ....	23
Гопоненко А. С. ....	40	Пугачев К. В. ....	24
Гопоненко А. С. ....	47	Решин О. С. ....	25
Гуров А. А. ....	41	Родионов Д. Г. ....	54
Докутович В. А. ....	42	Сергеев Д. В. ....	26
Жармакин Р. Б. ....	11	Сизов М. М. ....	27
Иванова Д. И. ....	43	Симович Т. Е. ....	55
Ишикаев Т. С. ....	12	Соседкин А. П. ....	28
Клинаева Е. Е. ....	13	Старостенко Д. А. ....	56
Козлов В. В. ....	44	Стельвага А. А. ....	29
Козлов Н. Е. ....	14	Ташкалиев К. С. ....	11
Корсаков А. А. ....	45	Тлеугабылов О. Б. ....	11
Котов Е. С. ....	46	Трифанов А. В. ....	30
Кочумеев В. А. ....	40, 47	Трубачев А. А. ....	57
Кравченко В. Е. ....	15	Урамаев М. Ш. ....	31
Красников И. Ю. ....	48	Учайкин Е. О. ....	17
Кремнев А. А. ....	16	Филатов П. С. ....	32
Кудин Д. В. ....	17	Черепенников Ю. М. ....	33
Кузнецов А. П. ....	18	Чопорова Ю. Ю. ....	50, 54
Маркова И. Д. ....	49	Шоев С. А. ....	34

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ.....</b>	<b>5</b>
Д. В. Алексеев .....	5
М. Д. Амелин.....	6
А. Н. Амирханов.....	7
В. В. Аргунов.....	8
Д. А. Белоусов .....	9
В. И. Вишняков .....	10
Р. Б. Жармакин, О. Б. Тлеугабылов, К. С. Ташкалиев, А. С. Мукушев.....	11
Т. С. Ишикаев .....	12
Е. Е. Клинаева.....	13
Н. Е. Козлов .....	14
В. Е. Кравченко .....	15
А. А. Кремнев .....	16
Д. В. Кудин, Е. О. Учайкин .....	17
А. П. Кузнецов.....	18
В. М. Маршунин.....	19
В. А. Махова, Д. В. Орлов .....	20
А. М. Медведев .....	21
Н. А. Мельникова.....	22
В. С. Пономарев .....	23
К. В. Пугачев .....	24
О. С. Репин.....	25
Д. В. Сергеев.....	26
М. М. Сизов .....	27
А. П. Соседкин .....	28
А. А. Стельвага.....	29
А. В. Трифанов .....	30
М. Ш. Урамаев .....	31
П. С. Филатов .....	32
Ю. М. Черепенников.....	33
С. А. Шоев .....	34
<b>РАДИОФИЗИКА И УСКОРИТЕЛИ.....</b>	<b>35</b>
Ю. С. Актершев.....	35
К. А. Брызгин .....	36
Д. Е. Будеев.....	37
М. Ю. Васильев .....	38
М. Н. Волочаев.....	39
А. С. Гопоненко, В. А. Кочумеев.....	40

А. А. Гуров.....	41
В. А. Докутович.....	42
Д. И. Иванова.....	43
В. В. Козлов.....	44
А. А. Корсаков.....	45
Е. С. Котов.....	46
В. А. Кочумеев, А.С. Гопоненко.....	47
И. Ю. Красников.....	48
И. Д. Маркова.....	49
М. С. Митьков, Ю. Ю. Чопорова.....	50
Е. О. Назаров.....	51
А. Ю. Олисовец.....	52
И. А. Насибулов.....	53
Д. Г. Родионов, Ю. Ю. Чопорова.....	54
Т. Е. Симович.....	55
Д. А. Старостенко.....	56
А. А. Трубачев.....	57
<b>АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ.....</b>	<b>58</b>
<b>ОГЛАВЛЕНИЕ.....</b>	<b>59</b>

МАТЕРИАЛЫ  
51-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ  
СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«Студент и научно-технический прогресс»

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИКА  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

*Материалы конференции публикуются в авторской редакции*

---

Подписано в печать 27.03.2013 г.

Офсетная печать

Заказ № \_\_\_\_\_

Формат 60x84/16

Уч.-изд. л. 2,8. Усл. печ. л. 4,0.

Тираж 80 экз.

---

Редакционно-издательский центр НГУ  
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2