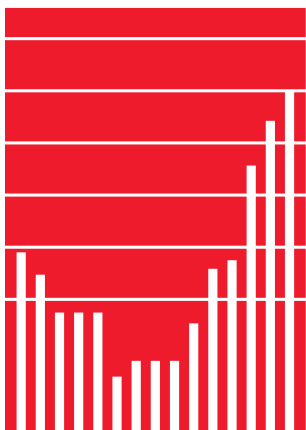
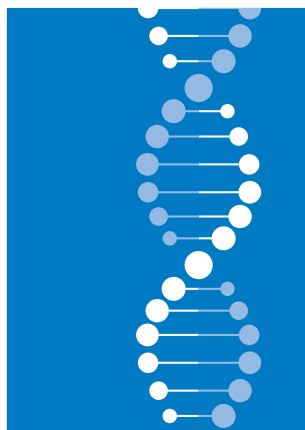
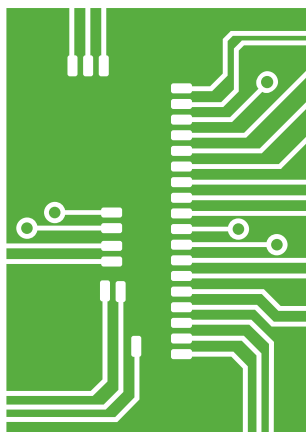
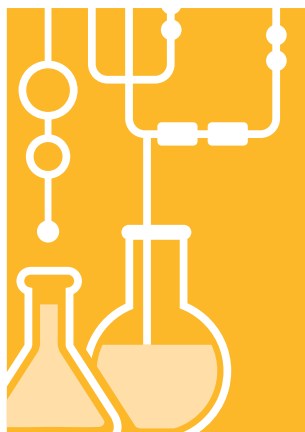


Материалы секции

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
ФИЗИКИ**



14-19 апреля 2019
НОВОСИБИРСК

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

МНСК-2019

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Материалы
57-й Международной научной студенческой конференции

14–19 апреля 2019 г.

Новосибирск
2019

УДК 63
ББК 40я431
И 72

Научный руководитель секции — д-р техн. наук А. М. Баграков

Председатель секции — канд. техн. наук Г. А. Фатькин

Экспертный совет секции
канд. техн. наук Е. В. Козырев
канд. техн. наук К. Ф. Лысаков
доц. М. Ю. Шадрин
канд. физ.-мат. наук П. П. Кроковный

И 72 Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 57-й Междунар. науч. студ. конф. 14–19 апреля 2019 г. / Новосиб. гос. ун-т. — Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2019. — 26 с.

ISBN 978-5-4437-0868-3

УДК 63
ББК 40я431

ISBN 978-5-4437-0868-3

© СО РАН, 2019
© Новосибирский государственный университет, 2019

NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ISSC-2019

INSTRUMENTATION IN EXPERIMENTAL PHYSICS

Proceedings
of the 57th International Students Scientific Conference

April, 14–19, 2019

Novosibirsk
2019

УДК 63
ББК 40я431
И 72

Section scientific supervisor — Dr. Techn. A. M. Batrakov

Section head — Cand. Techn. G. A. Fatkin

Section scientific committee
Cand. Techn. E. V. Kozyrev
Cand. Techn. K. F. Lysakov
Doc. M. Yu. Shadrin
Cand. Ph.-Math. P. P. Krokovny

И 72 Instrumentation in experimental physics : Proceedings of the 57th
International Students Scientific Conference. April, 14–19, 2019 /
Novosibirsk State University. — Novosibirsk : IPC NSU, 2018. — 26 p.

ISBN 978-5-4437-0868-3

УДК 63
ББК 40я431

ISBN 978-5-4437-0868-3

© SB RAS, 2019
© Novosibirsk State University, 2019

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

УДК 004.942

Моделирование калориметра детектора супер чарм-тау фабрики

И. С. Булыженков

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

Калориметр на основе сцинтилляционных кристаллов CsI рассматривается в качестве основного варианта для калориметра детектора в проекте Новосибирской супер чарм-тау фабрики. Моделирование калориметра является важной частью разработки проекта детектора. Геометрия калориметра разрабатывается с учетом необходимости «расфокусировки» граней кристалла от точки взаимодействия пучков во избежание эффекта «мертвых зон». Другое требование состоит в том, чтобы использовать как можно меньшее количество различных типоразмеров кристаллов без ухудшения координатного и энергетического разрешения калориметра, что позволяет снизить стоимость калориметра. В данной работе реализованы алгоритмы расчета геометрии баррельной и торцевой части калориметра. Ребра кристаллов баррельной части порождаются сечением плоскостей (ϕ -сегментация) и конусов (θ -сегментация). Аналогичным образом генерируется геометрия кристаллов в торцевой части. Разработан алгоритм объединения сработавших каналов калориметра в кластеры, с вычислением их координат и полного энергосодержания. Моделирование прохождения частиц через вещество калориметра производится с использованием пакетов DD4HEP и GEANT4, реконструкция кластеров осуществляется с использованием фреймворка GAUDI.

Научный руководитель — В. Л. Иванов

Периодические мишени для моделирования переходного и дифракционного излучения

А. А. Дышеков

Томский политехнический университет

Переходное (ПИ) и дифракционное излучение (ДИ) возникает, когда заряженная частица пересекает или пролетает рядом с мишенью. В ускорительной технике данное излучение от периодических мишеней применяют для создания источников излучения и диагностики пучков ускорителей. Поэтому существует необходимость разработки численных кодов для моделирования характеристик этого излучения. В нашем коде моделирование производится на основе метода поверхностных токов, где источником поля излучения являются токи на поверхности мишени (это означает необходимость производить интегрирование по всей мишени).

Код написан в пакете *Wolfram Mathematica* (WM). Данная система имеет возможность интегрировать по так называемым регионам, которые представляют собой некоторую ограниченную область точек (поверхность) и задаются с помощью специальных функций, например *Polygon*. Эта функция задает прямоугольную область в трехмерном пространстве (для нашего случая). На основе этой встроенной функции были созданы функции, создающие различные периодические мишени, состоящие из плоских прямоугольных поверхностей. При этом функционал аналитической геометрии и теории множеств, реализованный в WM, позволяет поворачивать и смещать мишени, а также объединять, вычитать и пересекать регионы, что дает возможность создавать более сложные составные мишени.

В настоящее время написаны функции, создающие следующие мишени: решетка в геометрии Смита – Парселла, наклонные решетки в геометрии ПИ и ДИ (все либо с треугольным профилем, либо плоские стрипы с вакуумными промежутками), также возможно задание решетки с адаптивными стрипами. В ближайшее время будут разработаны функции, позволяющие создавать периодические мишени из криволинейных поверхностей. Для этого применяется функция *ImplicitRegion*, в общем случае создающая многомерные поверхности аналитическим способом.

Таким образом, был создан код, позволяющий моделировать характеристики ПИ и ДИ от плоских и фокусирующих решеток (в общем случае и непериодических).

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук Д. А. Шкитов

Моделирование процесса селективного лазерного спекания для определения параметров обработки гидроксиапатита

А. А. Иванов

Институт автоматики и электротметрии СО РАН, Новосибирск

Одним из перспективных способов применения аддитивных технологий является производство костных имплантатов (скаффолдов), имитирующих пористую структуру губчатой кости и стимулирующих полное восстановление костной ткани. Гидроксиапатит — керамический материал, являющийся основной минеральной составляющей кости, что гарантирует его биосовместимость и делает предпочтительным для производства скаффолдов. Его недостаточная механическая прочность может быть повышена при определенных режимах температурной обработки.

Селективное лазерное спекание (СЛС) — лазерная аддитивная технология, осуществляющая послойное формирование трехмерных изделий из порошковых материалов. В процессе СЛС порошок из необходимого материала распределяется тонким (~10–100 мкм) слоем в области обработки и с помощью лазерного луча нагревается до температуры спекания в областях, соответствующих двумерному сечению формируемого объекта. Процесс характеризуется размером частиц, толщиной слоя порошка, скоростью движения лазерного луча, его мощностью, размером пятна и траекторией движения.

Большое количество параметров процесса СЛС требует применения методики численных экспериментов для определения их сочетания, позволяющего сформировать температурное поле, необходимое для получения изделий из гидроксиапатита с повышенной механической прочностью, и сохранить разрежение, необходимое для имитации губчатой кости (~100 мкм). Для этого предложена физическая модель распространения тепла в области построения. В рамках модели слой порошка рассматривается как сплошная среда с усредненными физическими параметрами. В качестве механизма теплопередачи рассмотрена теплопроводность. Поглощение энергии описывается в приближении объемного источника тепла, экспоненциально затухающего вглубь слоя. Для численного решения поставленной задачи применен метод конечных объемов в трехмерной постановке. На основании численной модели разработано программное обеспечение, позволяющее смоделировать процесс СЛС и осуществлять подбор параметров.

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

Применение баз знаний для хранения и обработки информации о структуре установки и интеграции с системой управления

М. А. Ильина

Новосибирский государственный университет

Цель работы состоит в реализации информационной системы для хранения данных и метаданных о структуре установки и в особенности ее системы управления. Эта информация необходима верхнеуровневым приложениям-клиентам, которые используют ее для извлечения данных из базы системы управления (*Tango/EPICS*) или для внесения изменений. Создавая единый ресурс знаний, мы предотвращаем дублирование информации в приложениях, решаем проблему поддержания ее консистентности и наличия релевантной документации по структуре системы управления. Далее будем называть данную информационную систему базой знаний об установке.

Разрабатываемый в ИЯФ ЛИУ-20 (Линейный индукционный ускоритель) выступает установкой для тестирования предлагаемого подхода к решению проблемы. Изначально в качестве базовой технологии для реализации базы знаний были выбраны онтологии. После проведенного анализа и выявленных технических проблем было принято решение изменить технологию на близкую по концепции (отсутствие жесткой схемы и возможность описывать отношения) — графовую базу данных. База знаний для установки ЛИУ-20 была реализована на основе базы данных *Neo4J*.

Для работы с базой данных установки был создан программный интерфейс на языке *Python*, преобразующий объекты и связи базы (узлы и ребра графа) в осмысленные объекты бизнес-логики. Приложения системы управления могут получать доступ к данным через API, выгружать структуру в виде дерева, создавать новые объекты, редактировать и удалять их и связи между ними. Кроме программного интерфейса были созданы пользовательские интерфейсы, использующие связи между объектами для отображения данных по отдельным частям установки.

Данный подход и реализованный API можно будет использовать не только в рамках установки ЛИУ-20, но и расширить на другие комплексы.

Научный руководитель — П. Б. Чеблаков

Разработка средства верификации систем управления установками электронного охлаждения

А. А. Ключникова

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

Электронное охлаждение — эффективный современный метод увеличения фазовой плотности ионных пучков в ускорителях заряженных частиц. В настоящее время данный метод интенсивно развивается в проекте ускорительно-комплекса NICA (ОИЯИ, г. Дубна), где заложено две системы электронного охлаждения на 50 кэВ и 2.5 МэВ (ИЯФ СО РАН), представляющие собой сложный физико-технический комплекс, состоящий из большого числа различных подсистем, которыми необходимо управлять. Для обеспечения надежности комплекса необходим инструмент, позволяющий проверять корректность работы удаленной установки при внесении каких-либо модификаций. Таким инструментом может являться симулятор установки.

Целью данной работы является применение метода виртуального тестирования к автоматизации установок и обеспечение возможности перехода на новое программное обеспечение для удаленной установки электронного охлаждения.

Данная работа состоит из двух частей. Так как большинство элементов управления выполнены с использованием интерфейса CANbus, то в первой части требуется промоделировать шину CAN, а также некоторые CAN-устройства, используемые в установке электронного охлаждения, таким образом, чтобы клиентские программы, взаимодействующие с установкой, не заметили подмены реальных устройств на виртуальные.

Во второй части для интеграции установки в проект NICA необходимо осуществить переход от текущего программного обеспечения установки на распределенную систему управления TANGO, которая используется как официальная система в данном проекте.

В настоящее время промоделирован шлюз между CAN-шиной и TCP-клиентами, CAN-шина, осуществляющая распределение CAN-сообщений между клиентами и виртуальными устройствами, а также многопортовый регистр ввода/вывода CEDIO_A и 20(40)-канальный прецизионный АЦП с входным/выходным регистрами CEAD20. Работоспособность протестирована с помощью такого программного обеспечения, использующегося в ИЯФ СО РАН, как программы сервера и клиента системы защит (UBS) и специализированного анализатора трафика шины CAN (*CanGwMonitor*).

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук В. Б. Рева

**Особенности реализации алгоритма Брезенхема на ПЛИС
для согласованного управления двигателями в станках с ЧПУ**

А. С. Курдюков

Новосибирский государственный университет

При создании станка с ЧПУ необходимо решить задачу преобразования входных данных о траектории движения рабочего тела (например, фрезы) в выходные управляющие сигналы для сервоприводов. Распространенным видом описания траектории движения рабочего тела являются наборы G-кодов, представляющие ее в виде наборов дуг и прямых. Целью настоящей работы являлась разработка программного обеспечения для системы согласованного управления сервоприводами в станке с ЧПУ на базе микроконтроллера и ПЛИС.

Распространенным способом является построение дуг и прямых с помощью алгоритма Брезенхема. Данный алгоритм определяет точки двумерного растра, которые нужно закрасить, чтобы получить приближение прямой линии или дуги между двумя заданными точками. При интерполяции движения в станке с ЧПУ смещению на один пиксель соответствует один «шаг» сервопривода.

Однако необходимо учитывать тот факт, что рабочее тело станка обладает инерцией и может двигаться в плотной среде (например, при фрезеровке). В таком случае программное обеспечение должно не только выдавать управляющие импульсы в определенном порядке, но и делать это с изменяемой скоростью, обеспечивающей плавность разгона и торможения.

В результате было разработано программное обеспечение для системы управления сервоприводами станка с ЧПУ, преобразующее входные G-коды в набор управляющих сигналов для двигателей и осуществляющее движение рабочего тела станка по заданным траекториям.

Научный руководитель — А. В. Рудаков

Моделирование хода лучей синхротронного излучения при тестировании рентгеновских преломляющих линз

А. А. Неустроева

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

Одним из наиболее многообещающих направлений в современной оптике является создание нового микроскопа на основе рентгеновских преломляющих параболических длинных многоэлементных линз, который позволит проводить наблюдения с нанометровым пространственным разрешением *in vivo* и *in situ* в диапазоне энергий фотонов 15–35 кэВ [1].

Существует точная аналитическая теория формирования изображения с помощью оптической системы, состоящей из преломляющих рентгеновских линз с круглой апертурой и параболическим профилем, в приближении плоского фронта параллельного пучка монохроматизированного синхротронного излучения высокой степени пространственной когерентности [2].

Задачей настоящего исследования является моделирование хода лучей синхротронного излучения от объемного источника с преломлением в системе из N ортогонально-скрещенных линейных двояковогнутых элементов линз с заданными параметрами параболического профиля. На данном этапе работы была создана программа, использующая векторное представление для определения координат лучей с заданной расходимостью и размерами источника синхротронного излучения четвертого поворотного магнита ВЭПП-4. Программа позволяет варьировать параметры элементов и системы рентгеновских линз, их геометрическое расположение для анализа параметров фокусировки синхротронного излучения. Разработаны и продолжают разрабатываться дополнения программы, расширяющие ее функционал для работы с системой источников синхротронного излучения, которыми являются ондуляторы и вигглеры ВЭПП-3 и ВЭПП-4, а также для учета возможных aberrаций квазипараболического профиля элементов линз. Обсуждается введение фазового формализма для сравнения с аналитической теорией.

1. *Reznikova E.* Transmission hard X-ray microscope with increased view field using planar refractive objectives and condensers made of SU-8 polymer / E. Reznikova, T. Weitkamp, V. Nazmov, M. Simon, A. Last, V. Saile // J. Phys.: Conf. Series. 2009. V. 186.

2. *Кон В. Г.* К теории рентгеновской преломляющей оптики. Точное решение для параболической среды / В. Г. Кон // Российский научный центр «Курчатовский институт». М., 2002.

Научный руководитель — канд. хим. наук Е. Ф. Резникова

Метод минимизации погрешности калибровки стереопары

Н. Н. Овчинников

Новосибирский государственный университет

Трехмерные измерения имеют широкий спектр применения — от медицины (для проектирования протезов) до промышленности (для контроля качества производимого оборудования). Со снижением стоимости камер расширяется сфера применения компьютерного зрения.

В ИТ СО РАН разрабатывается программно-аппаратный комплекс для измерения трехмерной геометрии сложнопрофильных объектов с использованием двух цифровых камер, представляющих собой стереопару, и проектора для формирования внешнего освещения. На сегодняшний день реализован модуль поиска сопряженных точек на изображениях стереопары и модуль реконструкции 3D-точек, который калибруется методом, описанным в работе [1]. Целью данной работы является создание метода минимизации погрешности полученной калибровки.

В исходном методе калибровки предлагается использовать значение ошибки повторной проекции 3D-координат на изображения со стереопары. Данная ошибка не является объективной, так как в ее оценке используются те же данные, на которых была произведена калибровка.

Для решения этой проблемы было решено использовать отложенную выборку снимков, на которой будет производиться оценка ошибки. Также был введен новый критерий ошибки калибровки: среднеквадратичное отклонение триангулированных координат калибровочного шаблона от плоскости.

Разработан метод минимизации погрешности калибровки на основе вышеописанного алгоритма и интегрирован с модулем автокалибровки. Для проверки модуля проведен эксперимент. В качестве калибровочного шаблона использован паттерн шахматной доски, снятый обеими камерами с разных ракурсов. Проведена реконструкция трехмерной геометрии. Измерен трехмерный профиль плоского объекта с размерами 18,6 x 24,8 см. Установлено, что погрешность измерения восстановленной трехмерной геометрии объекта не превышает 0,1 см. Полученные результаты подтверждают корректность работы реализованной процедуры калибровки.

1. *Zhang Z. A Flexible New Technique for Camera Calibration / Z. Zhang // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2000. 22(11):1330-1334. 21 p.*

Научный руководитель — д-р техн. наук С. В. Двойнишников

**Разработка автоматизированной системы мониторинга
работы установок экспериментального комплекса TAIGA
и построения отчетной документации**

А. А. Огарков

Иркутский государственный университет

Обсерватория TAIGA представляет собой уникальную комплексную систему из 11 наземных детекторов для регистрации и изучения ПКЛ и гамма-квантов высоких и сверхвысоких энергий. Она расположена в Тункинской долине на расстоянии 50 км от озера Байкал и включает набор экспериментальных установок: черенковские детекторы (несколько типов) и массив сцинтилляционных станций.

В настоящий момент сбор данных о регистрации широких атмосферных ливней, получаемых с данных установок, их предварительная оценка и контроль работы установок осуществляются вручную при отсутствии единого стандарта построения отчетов. Было решено создать систему построения отчетов, которая будет автоматически собирать данные, производить их предварительную оценку, предоставляя пользователю их редактирование при необходимости.

Доступ к данным осуществляется через веб-интерфейс, реализованный с использованием веб-фреймворка *Django*, СУБД *MySQL* и библиотеки *Bootstrap* для стилизового оформления.

На данный момент разработан веб-интерфейс для ручного заполнения и редактирования данных пользователем. В дальнейшем будет реализована автоматическая загрузка данных. Также ведется разработка программы, оценивающей прозрачность неба по изображению с видеокамеры, которая в дальнейшем будет интегрирована в данную систему для получения дополнительных данных о ходе работы комплекса.

Научный руководитель — канд. техн. наук, доц. И. С. Петрушин

Модуль постобработки данных лазерного доплеровского измерителя скорости

Д. О. Семенов

Новосибирский государственный университет

В науке и на производстве требуется точное измерение скорости и длины. Для данных целей отлично подходят лазерные доплеровские измерители скорости (ЛДИС), предназначенные для бесконтактного измерения скорости потоков жидкости и газов, а также твердых и диффузно отражающих объектов.

В ИТ СО РАН разрабатываются ЛДИС серии ЛАД-0ХХ. Они состоят из оптоэлектронного модуля и компьютера, управляющего измерительной системой. В программной части данного комплекса данные сохраняются в базу данных в специализированном формате. На сегодняшний день обработка полученных результатов производится с помощью стороннего программного обеспечения, не специализированного для данной задачи. Целью данной работы является разработка модуля постобработки данных с возможностью визуализации, фильтрации и спектрального анализа.

Разработан пользовательский интерфейс, представляющий собой оконное приложение. Элементами этого окна является набор функций, позволяющих загрузить данные из файловой системы, визуализировать структуру данных в виде дерева. Функции визуализации являются элементами этого дерева, а фильтрация производится с помощью контекстного меню. Реализовано независимое взаимодействие с существующим модулем базы данных. Спроектирована архитектура, предусматривающая подключение дополнительных модулей визуализации и фильтрации. Визуализация данных производится в виде двумерных графиков. Модуль фильтрации имеет единый программный интерфейс на все виды цифровой фильтрации. При открытии окна пользователю выводится статистическая информация о фильтруемой записи. Для тестирования был создан генератор искусственных баз, содержащих сигналы известной формы. За счет заведомо известных обрабатываемых данных можно убедиться в корректности работы алгоритмов фильтрации и визуализации. На сигналах с известной несущей частотой возможно протестировать модуль спектрального анализа.

Разработан модуль постобработки данных лазерного доплеровского измерителя скорости, позволяющий загружать данные, полученные в экспериментах, выполнять фильтрацию, визуализацию и спектральный анализ. В дальнейшем будет дополнен функционал модулей фильтрации и отображения, а также реализовано отображение профилей скоростей полученных данных.

Научный руководитель — д-р техн. наук С. В. Двойнишников

РАДИОФИЗИКА И УСКОРТЕЛИ

УДК 621.317.321

Низкоуровневая электроника для управления системой вывода энергии из сверхпроводящего соленоида детектора PANDA (FAIR)

М. А. Гулов

Новосибирский государственный университет

Данная работа осуществляется в рамках коллаборации ИЯФ СО РАН с проектом FAIR (Дармштадт, Германия) по разработке системы вывода энергии из соленоидов детектора PANDA.

Через обмотки соленоида общей индуктивностью 1.69 Гн, создающие рабочее поле, протекает ток 5100 А. При этом накопленная энергия магнитного поля соленоида составляет 22 МДж.

Для защиты соленоида в случае срыва сверхпроводимости ИЯФ разрабатывает систему вывода запасенной энергии сверхпроводящего соленоида на внешний балластный резистор.

Для размыкания цепи питания соленоида в случае срыва сверхпроводимости используются два 3-фазных последовательно подключенных автоматических выключателя ВА-55-43. В каждой из фаз установлены токоразравнивающие резисторы номиналом 20 мкОм. Для контроля состояния силовых контактов автоматических выключателей, что влияет на разравнивание токов между фазами, необходимо измерять и сравнивать значения токов через каждый из разравнивающих резисторов.

Для измерения токов на токоразравнивающих резисторах была разработана измерительная плата на основе прецизионных изолированных усилителей ISO124. Изолированные усилители были выбраны для развязки высоковольтной части системы и низковольтной части измерительной электроники.

Научный руководитель — А. И. Ерохин

**Разработка системы солнечных датчиков и алгоритмов ее работы
для определения положения Солнца относительно СмКА**

А. Ю. Колесникова

Новосибирский государственный университет

Одной из составляющих системы ориентации и позиционирования сверхмалого космического аппарата является система датчиков, позволяющих получать информацию о положении внешних ориентиров на орбите. Одним из таких датчиков является датчик Солнца. Информация о положении Солнца относительно СмКА необходима для ориентации солнечных батарей и определения местоположения спутника.

В докладе представлены результаты проектирования оптической системы датчика Солнца с использованием матричного элемента. На основании выполненных расчетов с учетом предъявленных требований к точности определения направления на Солнце не менее $0,1^\circ$ и углу обзора не менее 120° был разработан опытный образец датчика Солнца.

Работа датчика Солнца заключается в получении данных об оптическом изображении объекта от светочувствительной КМОП-матрицы и определении центра солнечного пятна на изображении по разработанному алгоритму. В данной работе представлены результаты наземных испытаний датчика Солнца, проводимых с целью отработки алгоритма определения центра светового пятна. Для проверки работоспособности датчика Солнца в условиях космического пространства и влияния изменения температуры окружающей среды на точность определения центра светового пятна проведены термовакuumные испытания датчика Солнца в диапазоне температур от -40 до $+65$ °С.

Также в докладе представлены результаты работы алгоритма по определению солнечного пятна для системы из шести солнечных датчиков, установленных на периферии космического аппарата, которая обеспечивает непрерывное нахождение направления аппарата на Солнце.

Научный руководитель — А. В. Пелемешко

**Анализ причин повреждения ЛЭП 6 кВ
при разработке угольных месторождений открытым способом
и методов определения мест повреждений КЛ 6 кВ**

Д. А. Коробка

Южно-Якутский технологический колледж, Нерюнгри

Отказы в системах электроснабжения снижают эффективность работы горных машин, технологических звеньев и угольного разреза в целом, что приводит к снижению объема добычи, увеличению себестоимости выпускаемой продукции, следствием чего является значительный необоснованный материальный ущерб.

Вследствие того, что системы электроснабжения при открытых горных разработках эксплуатируются в тяжелых условиях, анализ причин отказа и поиск методов сокращения времени простоев горного оборудования являются актуальными вопросами на сегодняшний день.

Анализ аварийных отказов произведен по данным диспетчерской службы отдела главного энергетика разреза «Нерюнгринский».

Анализ показал, доля времени аварийных простоев линий электропередач выше 40 %, причем более 50 % всех аварийных отказов приходится на повреждения кабельных линий.

Повреждения КЛ подразделяются на электрические и механические, но, как показал анализ, 95 % отказов при повреждении КЛ относятся к электрическим, причем более 50 % из них по причине пробоя изоляции.

В настоящее время основным методом поиска места повреждения является испытание изоляции повышенным напряжением. Испытание производится с помощью аппарата для проверки изоляции АШИК-6 с ИКП-4. Однако данный способ проведения испытаний кабеля, находящегося в эксплуатации продолжительное время, отрицательно влияет на изоляцию и снижает срок эксплуатации.

Использование неразрушающих методов испытания может продлить срок службы КЛ, а также сократить время поиска места повреждения и, следовательно, время простоя горного оборудования. Одним из методов является метод измерения характеристик частичных разрядов, сущность которого заключается в том, что в момент появления частичного разряда в кабельной линии возникают два коротких импульсных сигнала, длительности которых составляют десятки-сотни наносекунд. Эти импульсы распространяются к разным концам кабельной линии. Измеряя импульсы, достигшие начала кабеля, можно определить расстояние до места их возникновения и уровень.

Научный руководитель — Е. А. Бикетова

Устойчивость компенсированных встречных пучков

Ш. Б. Лачынов

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

Деструктивный эффект взаимодействия встречных пучков является основным ограничением повышения светимости коллайдеров и в то же время сильным стимулом модернизации и исследования компенсационных методов.

Компенсация нелинейной фокусировки в кольце-накопителе противоположно заряженным пучком, циркулирующем в другом кольце-накопителе, была предложена и протестирована много лет назад [1]. Я. С. Дербенев показал [2], что такая конфигурация имеет недостаток: сдвиг частот когерентных бетатронных колебаний, который смещает бетатронные частоты в ближайшую область целых и полуцелых резонансов. В данной работе рассматриваются условия устойчивости когерентных бетатронных колебаний в простой модели жестких сгустков и обсуждаются другие конфигурации коллайдеров с компенсированными пучками.

1. *Koutchouk J. P.* Beam-beam compensation schemes / J. P. Koutchouk, V. Shiltsev // Handbook of Accelerator Physics and Engineering, Second Edition / A. W. Chao, K. H. Mess, M. Tigner, F. Zimmermann. Singapore: World Scientific, 2013. P. 391–394.

2. *Derbenev Ya. S.* Collective instability of compensated colliding beams / Ya. S. Derbenev // Proc. of the 3rd All-union Conf. on Charge Particle Accel. Moscow, 1972. P. 382–385. SLAC TRANS-151, 1973.

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук, проф. Н. А. Винокуров

Оптимизация тракта передачи мощности в плазменный эмиттер

И. Д. Маслаков

Новосибирский государственный университет

Для питания плазменного эмиттера используется ВЧ-генератор (регулируемая мощность до 40 кВт на фиксированной частоте 4 МГц). Чтобы максимально эффективно передавать мощность в нагрузку, необходимо оптимизировать тракт передачи мощности в плазменный эмиттер, улучшить согласование плазменного эмиттера с генератором при изменении выходной мощности. В связи с тем что во время работы плазменного эмиттера его характеристики сильно меняются, на согласующее устройство накладывается ряд дополнительных условий (широкая полоса согласования, незначительная расстройка при увеличении нагрузки). Были рассмотрены несколько схем согласования, в том числе многокаскадные устройства для уменьшения рассогласования системы из-за изменения параметров нагрузки. Моделирование поведения согласующих систем происходило в среде OrCAD PSpice 9.0. После получения АФЧХ-смоделированных устройств были сделаны выводы об их применимости в тракте передачи мощности.

Проведено рассмотрение вариантов конфигурации изолирующего высоковольтного (30–60 кВ) трансформатора, их моделирование и сравнение частотных характеристик. Были сравнены варианты трансформации 1:1 (исходный вариант) и 1:2 (более оптимальный для дальнейшего согласования). Проведен анализ высоковольтного кабеля 2234 (*hivolt.de*), в частности получены АФЧХ, измерена проводимость утечки. На основании полученных данных сделан вывод о его применимости в изготовлении развязывающего трансформатора.

Научный руководитель — Е. И. Шубин

Измерение параметров пучка ВЧ-пушки Новосибирского ЛСЭ

А. С. Матвеев

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

Лазеры на свободных электронах (ЛСЭ) — источники когерентного монохроматического излучения. Принцип их работы основан на преобразовании кинетической энергии электронов в энергию электромагнитного излучения при движении в периодическом магнитном поле, создаваемом ондулятором. Желание получить излучение с высокой мощностью и спектральной яркостью накладывает требования на допустимое качество электронного пучка, которое в первую очередь определяется его поперечными эмиттантами и энергетическим разбросом.

Новосибирский ЛСЭ в настоящее время является самым мощным в мире источником терагерцевого излучения. Инжектор данного ЛСЭ планируется дополнить ВЧ-пушкой, которая позволит увеличить средний ток пучка, что совместно с оптимизацией оптической системы канала приведет к увеличению средней мощности выходного излучения.

В ходе данной работы проводились измерения параметров пучка на выходе из ВЧ-пушки, установленной на экспериментальном стенде. Были получены данные о его размерах и энергетическом разбросе. Условия экспериментов были численно смоделированы с учетом влияния сил пространственного заряда пучка на его динамику и рост эмиттанта. Это позволило сделать вывод о точности данных расчетов, которые в дальнейшем применяются при оптимизации оптической системы канала инжектора.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук О. А. Шевченко

Развитие СВЧ-резонаторного метода измерения скорости газификации диэлектрических материалов

А. И. Подшивалов

Новосибирский государственный университет

При разработке и проектировании различных силовых установок скорость газификации энергетических материалов является одним из основных баллистических параметров. В прошлом предпринимались многочисленные попытки разработать методы для динамического измерения скоростей газификации с использованием оптических методов и рентгеновского излучения. В настоящее время можно утверждать, что доступные реализации этих методов не обеспечивают требуемой точности и надежности при измерении. Для измерения скорости газификации в Институте химической кинетики и горения СО РАН (г. Новосибирск) был предложен СВЧ-резонаторный метод. Ранее был разработан СВЧ-датчик, выполненный в виде системы из 2 связанных коаксиальных резонаторов и характеризующийся распределением однородного продольного электрического поля в рабочей зоне, проведены эксперименты с ним и получены первые результаты. Далее появился вопрос о модернизации этого датчика. Из-за сложности конструкции предложена упрощенная модель СВЧ-датчика, выполненного в виде цилиндрического резонатора (с возможностью изменения пространственного разрешения). Для оценки скорости газификации проводится запись частотных характеристик S_{21} при горении образца. Предлагается два способа записи. Первый способ — быстрый: на фиксированной частоте резонансной кривой. Второй способ — медленный: регистрируется частотная характеристика резонатора и по изменению резонансной частоты с учетом заранее проведенной калибровки определяется скорость изменения толщины образца в процессе газификации. Смоделирован упрощенный СВЧ-датчик, изготовлен прототип датчика, с ним проводятся исследования.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-29-01029).

Научные руководители — д-р физ.-мат. наук Ю. А. Гришин,
д-р физ.-мат. наук В. Е. Зарко

Разработка ультразвукового датчика среднегеометрической скорости воздушного потока

И. А. Федотов

Новосибирский государственный университет
Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск

Ультразвуковые датчики эффективно используются для измерения скоростей потоков во многих медико-биологических и промышленных применениях. Основным элементом конструкции ультразвукового датчика является пьезоэлектрический излучатель коротких пакетов акустических волн. Для измерения потока используются частоты, лежащие за пределами слышимого акустического диапазона — в ультразвуковой области. Работа ультразвуковых датчиков потока основана на одном из двух физических принципов. В датчиках первого типа (измерение времени прохождения сигнала) используется тот факт, что скорость звука, распространяющегося в движущейся среде, равна скорости относительно этой среды плюс скорость движения самой среды. В датчиках второго типа используется изменение (доплеровский сдвиг) частоты ультразвуковой волны при ее рассеянии движущейся средой.

В данной работе был разработан измеритель среднегеометрической скорости потока воздуха на основе сдвига несущей частоты по координате. В основу датчика легли ультразвуковые пьезоэлектрические излучатели ТСТ40-16 с несущей частотой 38 кГц. Генератор несущей частоты был основан на логических элементах, сигнал с приемника усиливался и отфильтровывался, далее оба сигнала направлялись в микроконтроллер. Также была добавлена термопара для учета зависимости скорости звука от температуры. Система полностью автоматизирована, все измерения выводятся на дисплей. Разрешающая способность составила 2 мм/с.

Научный руководитель — И. Н. Злыгостев

Указатель авторов

Булыженков И. С.	5
Гулов М. А.	15
Дышеков А. А.	6
Иванов А. А.	7
Ильина М. А.	8
Ключникова А. А.	9
Колесникова А. Ю.	16
Коробка Д. А.	17
Курдюков А. С.	10
Лачынов Ш. Б.	18
Маслаков И. Д.	19
Матвеев А. С.	20
Неустроева А. А.	11
Овчинников Н. Н.	12
Огарков А. А.	13
Подшивалов А. И.	21
Семенов Д. О.	14
Федотов И. А.	22

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Булыженков И. С.	5
Дышеков А. А.	6
Иванов А. А.	7
Ильина М. А.	8
Ключникова А. А.	9
Курдюков А. С.	10
Неустроева А. А.	11
Овчинников Н. Н.	12
Огарков А. А.	13
Семенов Д. О.	14

РАДИОФИЗИКА И УСКОРИТЕЛИ

Гулов М. А.	15
Колесникова А. Ю.	16
Коробка Д. А.	17
Лачынов Ш. Б.	18
Маслаков И. Д.	19
Матвеев А. С.	20
Подшивалов А. И.	21
Федотов И. А.	22

Научное издание

МНСК-2019

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Материалы
57-й Международной научной студенческой конференции

14–19 апреля 2019 г.

Корректор *Д. И. Ковалева*
Верстка *А. С. Терешкиной*
Обложка *Е. В. Неклюдовой*

Подписано в печать 02.04.2019 г.
Формат 60 × 84/16. Уч.-изд. л. 1,6. Усл. печ. л. 1,5.
Тираж 31 экз. Заказ № 40.
Издательско-полиграфический центр НГУ.
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2.

Секция

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

ISBN 978-5-4437-0868-3



9 785443 708683

N* Новосибирский
государственный
университет
***НАСТОЯЩАЯ НАУКА**

