

Секция 3

ИНЖЕНЕРНЫЕ НАУКИ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БАЛАНСИРОВКИ МНОГОЭЛЕМЕНТНОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ С НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Д. А. Алешин, Д. А. Ульянов, М. А. Константинов

НГТУ им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород

Современное развитие промышленного комплекса предъявляет все новые и жесткие требования к системам накопления энергии. В настоящее время одним из популярнейших способов запаса электрической энергии являются электрохимические аккумуляторные батареи (АКБ). Для повышения рабочих напряжений АКБ применяется последовательное соединение отдельных гальванических элементов. Однако из-за отклонения электрических параметров элементов в составе АКБ происходит недозаряд или перезаряд элементарных ячеек в составе АКБ. Данная проблема решается посредством использования балансировочных цепей. Статья посвящается созданию системы балансировки аккумуляторных батарей с напряжением до 1000 В и проблеме выравнивания заряда в многоэлементных АКБ, работающий в динамических режимах с различной глубиной заряда и разряда. Предлагается адаптированный способ балансировки, позволяющий выравнивать заряд АКБ на протяжении всего этапа заряда. Способ заключается в формировании средней величины заряда аккумулятора на основании измерения напряжения каждого элемента АКБ. Пропорционально отклонению напряжения на элементе от средней величины формируется низкочастотный импульсный сигнал управления балансировочными цепями. Предложенный способ может быть применен как для пассивных методов балансировки на базе балластных резисторов, так и для более эффективной эксплуатации цепей, выполненных на электромагнитных системах перераспределения энергии между гальваническими элементами. Преимуществом предложенного метода является более точное и быстрое выравнивание напряжения между элементами АКБ по сравнению классическим методом балансировки.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ИНТЕРФЕЙСА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА-ОТЛАДЧИКА CAN-ШИНЫ

В. С. Арсенова, В. А. Краев, А. В. Зарубин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В настоящее время в промышленной автоматизации широко распространен стандарт сети CAN, ориентированный на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков и обеспечивающий обмен данными между ними. При коммуникации с такими устройствами инженеры столкнулись с рядом проблем, таких как: проверка их работоспособности, выявление неполадок, диагностика ошибок и т. д.

В данном докладе представлена реализация программного обеспечения с графическим интерфейсом пользователя, обеспечивающее взаимодействие с устройством-отладчиком CAN-шины. Для создания программного обеспечения на ЭВМ используется среда разработки Qt Creator, которая включает в себя графический интерфейс отладчика и визуальные средства разработки интерфейса. Разработан терминал, который формирует посылки в CAN-формате, способен отправлять, принимать данные и предоставляет информацию о сообщении в удобном для пользователя формате. Разработан терминал, который позволяет отслеживать передаваемые данные с устройства-отладчика на ЭВМ и обратно. Передача данных осуществляется по COM-порту посредством стандарта UART. Для каждого из терминалов разработан уникальный графический интерфейс для корректного взаимодействия пользователя с программным обеспечением.

ГРАДУИРОВКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ГАЗОВОГО КЛАПАНА

*А. В. Барабанов, А. С. Белов¹, В. Н. Зубец¹, А. В. Турбабин¹,
О. Т. Фролов¹, П. Н. Цедрик, А. В. Щербаков*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

¹ФГБУН «ИЯИ РАН», Москва

Для создания оптимальной плотности газовой среды в различных системах используют устройства прецизионной инжекции газа. Газ может подаваться как непрерывно, так и импульсно. В ряде случаев использование стационарного (постоянного) режима напуска газа неэффективно по причине значительного расхода газа и, соответственно, более высоких требований к вакуумной откачке (при ее наличии). Использование импульсного режима напуска газа позволяет минимизировать эти недостатки. В некоторых приложениях реализация импульсного режима напуска газа обеспечивается быстродействующими электромагнитными клапанами. Ввиду отсутствия коммерчески доступных быстродействующих прецизионных электромагнитных клапанов (субмикросекундного диапазона) был разработан специализированный клапан.

Для регулируемой подачи необходимого количества рабочего газа с учетом собственной утечки клапана определена взаимосвязь параметров управляющего импульса и количества инжектированных атомов газа. Исследование проводилось на экспериментальном стенде, состоящим из баллона высокого давления, группы газовых редукторов, манифолда, электромагнитного газового клапана, вакуумной камеры, импульсного вакуумметра и прецизионного манометра. Приводятся принцип действия и конструкция быстродействующего электромагнитного клапана. Методика определения количества инжектированных атомов газа основана на расчете разницы давления в манифолде (камера известного объема) за определенный период времени при расходе газа через электромагнитный клапан. При токе электромагнита клапана 21,8 А за один импульс (длительность порядка 300 мкс) напускается $\sim 5,3 \times 10^{17}$ атомов рабочего газа. В качестве рабочего газа использовался аргон.

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕВОГО ОКСИДА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛДМОП-ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

А. С. Белов, М. В. Боброва, Н. С. Шишкина

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова»,
Нижний Новгород

Одной из наиболее критичных характеристик ЛДМОП-транзисторов является сопротивление включения. Для снижения сопротивления включения используют полевые оксиды – толстые изолирующие слои оксида кремния над дрейфовой областью стока [1]. Традиционно в качестве полевого оксида используют LOCOS, однако длительное температурное воздействие приводит к неконтролируемому перераспределению примеси в сформированных активных областях транзистора. Альтернативным является метод FOX [2], с меньшим температурным воздействием на пластину. Оксид типа FOX обладает лучшей однородностью по толщине и имеет плавный пологий профиль [2]. При использовании FOX регистрируется улучшение сопротивления включения при аналогичном уровне напряжения пробоя.

Анализ источников литературных данных показал наличие общей информации по набору слоев для формирования FOX без указания конкретных методов их осаждения. Таким образом, актуальность работы заключается в разработке комбинации слоев и определении оптимальных методов их формирования для получения необходимого профиля FOX.

Целью настоящей работы является исследование и разработка операций блока формирования FOX, характеризующегося высокой равномерностью по толщине и углом наклона боковых стенок от 40° до 60° .

В задачи работы входит определение и обоснование структуры FOX, исключение воздействия реактивного ионного травления на поверхность кремния в процессе формирования профиля полевого оксида, разработка и интеграция в маршрут изготовления пластин с кристаллами СБИС блока операций формирования FOX.

В результате выполнения настоящей работы разработана последовательность операций блока формирования FOX, необходимого для изго-

товления высоковольтных ЛДМОП-транзисторов. Разработана новая операция формирования FOX на основе оксида кремния экстремально высокой плотности, установлено, что плотность оксида увеличивается при осаждении из смеси с недостатком TEOS.

Список литературы

1. Tsui P. G. Y., Gilbert P. V., and Sun S. W. Integration of Power LDMOS into a Low-Voltage 0.5 μm BiCMOS Technology/ P. G. Y Tsui and other // IEEE IEDM Digest. 1992. P. 27–30.

2. Jongdae Kim, Sang-Gi Kim, Tae Moon Roh, Hoon Soo Park, Jin-Gun Koo, and Dae Yong Kim Characteristics of P-channel SOI LDMOS Transistor with Tapered Field Oxides / Kim Jongdae and other // Proceeding of ISPSD. 1998. P. 375–378.

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ АНАЛОГОВ ДЕТЕКТОРОВ ТЛД-500К

*М. Г. Березовская, В. П. Шукайло, В. Б. Бычков, В. А. Шелан,
К. Г. Топорищев, И. В. Торопов, А. Е. Шестаков, Р. Р. Фазылов,
Ю. Н. Долинский*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»,
г. Снежинск Челябинской обл.

Научные исследования последних лет указывают на возможность использования наноструктурной керамики оксида алюминия в качестве аналога детектора ТЛД-500К с диапазоном измерения доз бета-излучения вплоть до 10^4 Гр. Однако у авторов работ чрезвычайно расходятся данные об условиях высокотемпературного отжига образцов для повышения их выхода люминесценции и отсутствуют данные о регистрации доз гамма-излучения таким типов детекторов.

Цель данной работы заключалась в отработке технологии изготовления наноструктурных аналогов детекторов ТЛД-500К для регистрации высоких доз гамма-излучения.

В качестве исходного материала для компактирования использовался порошок наноксида алюминия, со средним массовым размером 50–70 нм. Компакты изготавливались методом прямого одноосного компрессионного прессования. Далее изготовленная партия наноструктурных компактов подвергалась процедуре высокотемпературного отжига в электровакуумной печи в присутствии графита. При проведении исследования варьировались значения конечной температуры отжига (от 1200 до 1700 °С), времени отжига (от 13 до 300 минут), использовались различные подложки образцов, а также механизм ступенчатого отжига.

В результате проделанной работы было показано, что условия высокотемпературного отжига наноструктурных компактов при температуре 1700 °С в течение короткого промежутка времени являются оптимальными для формирования стабильного фазового состояния детекторов и достаточного количества в них центров люминесценции. Детекторы, полученные в таких условиях, показывают сублинейный характер дозовой зависимости в диапазоне облучения от 0,1 до 10 000 кР.

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ВИБРАЦИИ НАСОСОВ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ

*Д. Е. Бесчеров, М. Н. Ереев, Д. А. Куликов, М. Г. Маслов,
М. С. Порфирьев, Д. В. Савчук*

АО «ОКБМ Африкантов», Нижний Новгород

К современным центробежным насосам реакторных установок предъявляются требования по низкому уровню вибрации и шума.

Наиболее важным следствием воздействия вибрации на насос является накопление повреждений при циклическом изменении нагрузки. Этот процесс приводит к образованию и распространению трещин, которые в конечном итоге разрушают конструкцию.

Задача исследования вибрационных характеристик центробежных насосов актуальна для современных реакторных установок и требует комплекс связанных расчетов гидродинамики и вибрации.

В качестве объекта исследования в данной работе рассматривается центробежный насос, обеспечивающий выбранные гидравлические характеристики:

- расход $Q = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- напор $H = 30 \text{ м}$.

Обеспечение требующихся вибрационных характеристик центробежного насоса проводится в результате расчетного исследования методами компьютерного моделирования.

Анализ влияния варианта проточной части на вибрационные характеристики насоса проводится по методике, прошедшей верификацию в АО «ОКБМ Африкантов» на насосе прототипе. Методика позволяет получать, с использованием метода конечного элемента, расчетные результаты, хорошо совпадающие с экспериментальными.

При расчетном исследовании рассматриваются варианты проточной части насоса с выбранными гидравлическими характеристиками. Для каждого варианта используются конечно-элементные модели корпуса насоса (рис. 1), по которым проводятся гидродинамические и вибрационные расчеты.

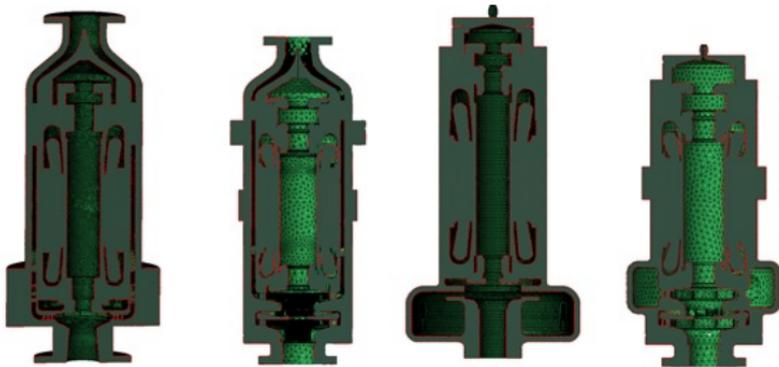


Рис. 1. Рассмотренные варианты конструкции насоса

По результатам расчетного исследования определено, что полнопро- точная одноступенчатая конструкция насоса обладает лучшими вибраци- онными характеристиками, чем прототип и может быть рекомендована для реакторной установки.

ВОЗМОЖНОСТЬ ОДНОРЕЖИМНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАСОСОВ ПЕРВОГО КОНТУРА В РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВКАХ ТИПА РИТМ

Д. Е. Богомолов, М. В. Зотова, Д. Г. Кресов, А. В. Куликов

АО «ОКБМ Африкантов», Нижний Новгород

Для РУ нового поколения ключевой задачей является повышение технико-экономических показателей при одновременном снижении массогабаритных характеристик. Удовлетворить данные противоречивые требования становится возможным за счет изменения конструктивных особенностей основного оборудования. В представляемой работе рассматривается применение подобного подхода к АС ММ с РУ типа РИТМ.

В существующих РУ РИТМ применяются две частоты вращения ЦНПК – большая (БЧВ) и малая (МЧВ), реализованные применением частотных преобразователей (ЧП).

В докладе рассматривается принципиальная возможность отказа от МЧВ ЦНПК (исключение ЧП), что особенно актуально для наземных АС ММ, где отсутствует необходимость длительной работы на малом уровне мощности.

По результатам анализа динамики подобное техническое решение позволит:

- для режимов нормальной эксплуатации исключить необходимость предварительных снижений мощности при переключениях частоты вращения ЦНПК;

- для режимов с нарушениями нормальной эксплуатации и режимов со срабатыванием АЗ реактора обосновать использование естественной циркуляции (ЕЦ). При этом, вследствие отрицательного коэффициента реактивности по теплоносителю, снижение расхода будет эффективно снижать мощность реактора;

- обеспечить режимы разогрева/расхолаживания РУ как при принудительной циркуляции (БЧВ), так и при ЕЦ с последующим пуском ЦНПК.

По итогам анализа можно сделать вывод о возможности отказа в перспективных проектах от МЧВ при выполнении всех проектных критериев прохождения динамических режимов. Однако, это требует соответствующих изменений в номенклатуре режимов работы РУ, в алгоритмах работы СУЗ и КСУ ТС в целом, и подтверждения безопасности РУ на этапе разработки ООБ.

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РУ РИТМ-200С ДЛЯ МПЭБ В АВАРИЯХ С ПОТЕРЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА

М. В. Воробьева, А. А. Факеев, А. Н. Лепехин

АО «ОКБМ Африкантов», Нижний Новгород

На базе опыта создания плавучего энергоблока «Академик Ломоносов» и нового универсального а/л «Арктика» разработаны ряд проектов ПЭБ нового поколения с реакторными установками типа РИТМ для различных площадок размещения. Одной из таких установок стала РУ РИТМ-200С, входящая в состав модернизированного плавучего энергоблока пр. 20871.

Энергоблок предназначен для работы в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока в качестве источника электроэнергии в составе инфраструктуры для размещения МПЭБ, включающей береговые гидротехнические и технологические сооружения и должен обеспечивать выдачу в береговые сети до 106 МВт электрической мощности.

РУ РИТМ-200С представляет собой легководный водо-водяной реактор интегрального типа с принудительной циркуляцией теплоносителя первого контура и вынесенной газовой системой компенсации давления. Основное оборудование РУ для МПЭБ максимально унифицировано с транспортной РУ РИТМ-200 для универсального атомного ледокола.

Данная работа посвящена расчетному анализу аварий и обоснованию безопасности реакторной установки, используемой в составе модернизированного плавучего энергоблока в авариях LOCA. Этот класс аварий характеризуется быстрым темпом потери теплоносителя из реактора и тяжелыми радиационными последствиями.

При проведении анализа учтены отличия РИТМ-200С от прототипной установки:

- повышение тепловой мощности реактора;
- использование активной зоны высотой 1650 мм;
- повышение автономности систем безопасности и технических средств управления запроектными авариями.

В рамках обоснования безопасности РУ в авариях с потерей теплоносителя рассмотрены все типы исходных событий, связанных с разгерметизацией первого контура (разрывы трубопроводов вспомогательных систем первого контура; малые течи трубопроводов первого контура; межконтурные течи; течь стоек крышки ядерного реактора и др).

При анализе аварий рассмотрены изменения параметров в первом контуре и параметров ПГС в помещениях ЗО, проанализированы радиационные последствия аварий.

Расчетное обоснование безопасности проводилось с использованием современных аттестованных Ростехнадзором РФ расчетных методик и программ, верифицированных и усовершенствованных по результатам многолетнего широкомасштабного комплекса НИР по безопасности транспортных АППУ.

В результате проведенного анализа подтвержден высокий уровень безопасности РУ, используемой в составе МПЭБ.

Результаты работы включены в материалы отчета по обоснованию безопасности РУ РИТМ-200С для МПЭБ в рамках техпроекта РУ.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТА ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА, ИЗГОТОВЛЕННОГО МЕТОДОМ 3D ПЕЧАТИ

*А. С. Смирнова, М. И. Галимов, Л. В. Свинцова, О. С. Юрченко,
О. И. Горбоконина*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»,
г. Снежинск Челябинской обл.

Разработке аддитивных технологий в настоящее время уделяется повышенное внимание, благодаря тому, что они представляют одно из перспективных направлений технологического развития промышленности.

Влияние ТО на литую и синтезированную структуру несколько отличаются друг от друга. Задача данной работы заключалась в исследовании влияния ТО на структуру и механические свойства жаропрочного сплава ХН58МБЮ, изготовленного методом 3D печати.

Во ФГУП ВИАМ разработаны и освоены в промышленном производстве новые жаропрочные свариваемые всеми видами сварки никелевые сплавы, существенно превосходящие по своим характеристикам серийные российские и зарубежные аналоги. Одним из таких сплавов является сплав ХН58МБЮ.

В работе проведены эксперименты по термической обработке сплава ХН58МБЮ с вариацией закалки, старения, выдержки; проведены металлографические исследования сплава и определены механические свойства сплава до и после термического воздействия.

Сплав ХН58МБЮ относится к жаропрочным слабостареющим сплавам, упрочнение в которых реализуется благодаря наличию от 10 до 12 % γ' -фазы, содержащей интерметаллиды и различные карбиды (типа MC , $M_{23}C_6$) на основе ниобия и хрома в сочетании с молибденом. Воздействие ТО приводит к дополнительному выделению частиц упрочняющей γ' -фазы, а также хромистых и молибденсодержащих фаз различной морфологии, приводящих к росту прочности материала при одновременном снижении пластических характеристик.

В работе варьировалась температура и выдержка при закалке, проведено сравнение влияния одинарного и двойного старения на структуру.

В результате работы установлено влияние термической обработки на структуру и свойства жаропрочного сплава ХН58МБЮ, изготовленного методом 3D печати, при комнатной температуре.

В процессе быстрой кристаллизации при печати происходит формирование столбчатых кристаллов (ячеек), представляющих собой дендриты.

В микроструктуре образцов после закалки (при всех рассмотренных температурах) наблюдается зеренная структура.

Увеличение времени выдержки при высокотемпературном нагреве от 1 до 3 ч приводит к выравниванию размеров зеренной структуры.

Интенсивность роста и дисперсность распределения фаз зависит от температуры и времени выдержки при закалке.

По результатам рентгенофазового анализа максимальное искажение решетки приходится на материал в исходном состоянии (напряженное состояние).

При увеличении времени выдержки искажение в кристаллической решетке сплава уменьшается, постепенно происходит распад твердого раствора CrNi.

В процессе работы:

- выполнен входной контроль всех образцов;
- проведены эксперименты по термической обработке сплава ХН58МБЮ с вариацией закалки и старения; проведены металлографические исследования сплава; выбран режим термической обработки, обеспечивающий выравнивание структуры сплава и высокие значения механических свойств;
- определены свойства сплава при 25 °С в исходном состоянии, после ТО;
- выполнен контроль геометрических параметров образцов до и после термического воздействия.

ИНФОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ НОРМАЛЬНЫХ ВОЛН В УПРУГИХ ПЛАСТИНАХ, ПОДВЕРГНУТЫХ ОДНООСНОМУ МЕХАНИЧЕСКОМУ НАПРЯЖЕНИЮ

*Ю. В. Гладышева, А. А. Узких, М. В. Малых, И. А. Белоброва,
Р. Р. Исхужин, В. Н. Борисов*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»,
г. Снежинск Челябинской обл.

Разработка методических принципов неразрушающего контроля механических напряжений (напряженно-деформированного состояния) конструкционных материалов в составе ответственных узлов специзделий имеет огромную практическую значимость для ядерного оружейного комплекса и других отраслей промышленности. Напряженно-деформированное состояние материала может сопровождаться необратимыми изменениями его структуры и физико-механических характеристик под влиянием высоких температур, процессов пластического течения, релаксации и т. д. Такое состояние может привести к непредсказуемому поведению материала в составе изделий при эксплуатации.

Технологическое отделение РФЯЦ-ВНИИТФ обладает современным специализированным аппаратным и программным обеспечением, обширной методической базой в области традиционных ультразвуковых методов неразрушающего контроля качества, что способствовало направлению дальнейших исследований проблематики в область акустической тензометрии, в частности акустопругого эффекта. Ввиду специфики работ отделения особый интерес представляют исследования напряженно-деформированного состояния в тонкостенных материалах. Характер распространения упругих волн в ограниченных средах (толщины порядка длины волны) нетривиален, что значительно усложняет ход дальнейших исследований.

В данной работе приведены математическая модель и результат ее программной реализации, демонстрирующие изменения параметров ультразвуковых нормальных волн вертикальной и горизонтальной поляризации, распространяющихся в тонкостенных волноводах (пластинах), в зависимости от величины и направления приложенного одноосного напряжения. В перспективе данная модель позволит выявить оптимальные условия для диагностики напряженно-деформированного состояния тонкостенных материалов на различных этапах жизненного цикла изделий.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ СИСТЕМ

Л. Е. Гришина, А. К. Криницкий, А. Г. Черышев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В процессе разработки новых образцов техники разработчики сталкиваются с необходимостью принятия ряда решений (к примеру, разработка конструкции, отвечающей заданным требованиям, обеспечение стойкости конструкции к заданным воздействиям). При этом проведение натуральных экспериментов для поиска решений этих задач, как правило, является ресурсозатратным.

Одним из эффективных инструментов для решения вышеуказанных вопросов на всех этапах создания образцов техники является численное моделирование.

В данной работе на примере разработки воздуховода для подвода охлаждающего воздуха к приборам продемонстрирован принятый в КБ-12 процесс применения численного моделирования при решении вышеуказанных задач.

О ЗАДАНИИ ИСТОЧНИКОВ ГАММА- И НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ МОЩНОСТИ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ОТ ОКСИДА ПЛУТОНИЯ-238 МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

*С. А. Демьянов, Е. И. Валекжанина, С. А. Картанов,
С. А. Кораблев, К. Г. Плужян, М. В. Таценко*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В 1940 году Глен Сиборг открыл первый изотоп плутония- ^{238}Pu , который, благодаря своим свойствам (альфа-активный изотоп с периодом полураспада 87,7 лет), нашел широкое применение в атомной промышленности, в частности при создании радиоизотопных источников энергии. Например, космические аппараты Voyager и Cassini, марсоходы Curiosity и Perseverance используют радиоизотопные термоэлектрические генераторы на основе ^{238}Pu .

В Российской Федерации производством ^{238}Pu занимается ФГУП ПО «Маяк», в каталоге продукции которого представлен препарат ^{238}Pu в форме оксида. Примечательно, что в том же каталоге в описании препарата указаны интенсивности гамма- и нейтронного излучений. Возникают вопросы о характеристиках этих излучений и необходимости защиты от них. В настоящее время для расчета мощности поглощенной дозы широко применяется моделирование методом Монте-Карло, при этом необходимо иметь информацию не только об интенсивности излучения, но и о его спектре.

В работе рассмотрены вопросы происхождения гамма- и нейтронного излучений в препарате оксида плутония-238, предложен способ задания их спектров для проведения расчета мощности поглощенной дозы методом Монте-Карло.

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ВИБРАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

К. А. Есаулова, Е. В. Пешехонов, Д. А. Трегубенко

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Измерения вибрации является неотъемлемой и важной частью практически любых испытаний конструкций. Полученные результаты могут в полном объеме представить картину протекающих в них вибропроцессов, необходимых для определения и подтверждения прочностных характеристик конструкций заданным требованиям. Определение точности измерений вибрации является важной и неотъемлемой частью самих измерений. Определение точности виброизмерений необходимо для определения доверительных границ измеренной величины. Точность определения доверительных границ вибрационных измерений особенно остро стоит в сложных механических системах, неисправности которых могут приводить не только к сбоям в их работе, но и к катастрофам.

В данной работе представлены:

- методология вибрационных измерений;
- расчет точности вибрационных измерений в соответствии руководящим документом РД 95 3472-91 отраслевой системы обеспечения единства измерений.

УСТРОЙСТВО И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ВЗК МАНОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

С. Н. Крючков, А. И. Тихонов, Ю. И. Жукаева, А. Е. Красин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В целях обеспечения требований экологической безопасности при проведении взрывных экспериментов в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» используются взрывозащитные камеры (ВЗК).

При изготовлении ВЗК проходят многоступенчатый контроль и испытания, обеспечивающие максимальное исключение выхода продуктов взрыва за пределы камеры. Завершающим испытанием является проверка камеры на прочность и герметичность. Аттестованные методики контроля герметичности не всегда обеспечивают необходимую точность для данного вида испытаний. Вследствие этого сохраняется актуальность разработки и совершенствование методик контроля герметичности ВЗК.

Чтобы обеспечить безопасность проведения взрывных экспериментов и экологическую защиту окружающей среды, потребовалась разработка и модернизация системы контроля герметичности (СКГ) ААРС2001, системы термостатирования ВЗК ААРС2002 и выпуск методики измерения СКГ манометрическим методом (ММ).

При разработке методики измерения СКГ ММ разработана рабочая конструкторская документация на измерительный стенд, обеспечивающий:

- уменьшение тепловой инерции эталонной камеры (ЭК);
- увеличение теплопередачи между воздухом ВЗК и ЭК;
- уменьшение теплопередачи между стендом измерительным СКГ и ЭК;
- повышение однородности теплового поля воздуха ВЗК.

Также с учетом имеющегося теоретического и экспериментального материала:

– получены и впервые применены аналитические выражения для автоматизированного расчета критерия герметичности с поправкой на неидеальность газа;

– проведена оценка показателей точности методики и погрешностей системы измерения;

– выполнен учет неоднородности температурного поля.

Методика измерения контролирует следующие физические параметры ВЗК: абсолютное и относительное давление, температуру газа, время проведения испытаний, натекание/утечку газа (расчетным способом).

По результатам проделанной работы была выпущена и аттестована методика СКГ ММ, а также получен патент на «устройство для контроля герметичности сосудов большого объема».

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛОГА МОДУЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Л. С. Злыднева

ФНПЦ «ПО «Старт» им. М. В. Проценко»,
г. Заречный Пензенской обл.

В работе представлены результаты разработки модуля контроля и управления, а также его сравнение с аналогами. Рассмотрена структура и представлен внешний вид разработанного устройства.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ТЕРМОПАРАМИ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ДИАПАЗОНЕ ОТ – 40 °С ДО 300 °С

Е. В. Пешехонов, Е. В. Интяпин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Измерения температур является неотъемлемой и важной частью практически любых испытаний конструкций. Полученные результаты могут в полном объеме представить картину протекающих в них термопроцессов.

Достаточно часто реализация температурных измерений элементов конструкции происходит с использованием термопар и термометров сопротивления. Реализация измерения температур в диапазоне от – 40 °С до 300 °С с точки зрения точности измерений наиболее рациональна с использованием термометров сопротивления, но с точки зрения конструктивного исполнения температурные измерения во многих случаях реализуемы только с использованием термопар.

В данной работе рассмотрены:

- методология температурных измерений термопарами;
- способы повышения точности температурных измерений термопарами в диапазоне температур от – 40 °С до 300 °С.

ПОЛУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО БОРА ИЗ АМОРФНОГО БОРА

Д. А. Карбушев, Г. Ю. Сморгков, С. С. Курганов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В докладе представлено описание технологии получения кристаллического бора из аморфного методом термической обработки в вакууме. Проведены исследования процесса перехода элементарного бора из аморфного состояния в кристаллическое под воздействием высокотемпературной термической обработки (отжига). Определены оптимальные технологические параметры процесса перевода аморфного бора в кристаллическое состояние:

- среда термической обработки – вакуум;
- температура 2060 °С;
- выдержка при этой температуре в течение 30 минут.

НОСИТЕЛЬ ИНФОРМАЦИИ С ЗАЩИТОЙ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА

В. А. Краев, А. В. Зарубин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В настоящее время любые производственные процессы связаны с обработкой информации. Практически на каждом крупном предприятии информация имеет ограниченный доступ. Обработка данной информации осуществляется посредством объектов информатизации, образующих организационную разноуровневую систему взаимодействия закрытого типа. Количество уровней и принцип организации определяется характером обрабатываемой информации (служебная, коммерческая, государственная тайна и т. д.). С практической точки зрения, такие системы не могут являться полностью закрытыми, так как помимо обработки – являются объектами потребления и производства информации, обеспечивая коммуникативные процессы предприятия. Существенным недостатком данных систем является способ передачи информации между уровнями взаимодействия, осуществляемый через флеш-накопители.

В подобных системах взаимодействия закрытого типа чаще защите подлежит ЭВМ, а не носители информации, что увеличивает вероятность утечки от несанкционированного доступа.

Целью данной работы является разработка носителя информации с защитой от несанкционированного доступа.

РАЗРАБОТКА АНАЛОГА МИКРОКОНТРОЛЛЕРА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЫНКА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Е. А. Краев, А. А. Райченко, А. В. Зарубин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В настоящее время в условиях сложившейся геополитической обстановки в России идет активное импортозамещение в сфере технического обеспечения. Отсутствие альтернативы данной аппаратуры и невозможность отечественного производства на выпуск необходимого количества электронной продукции мотивирует к разработке конкурентной замены. В работе обозначены основные проблемы российской микроэлектроники. Проведен анализ отечественного производства микроэлектроники в условиях внешней политики, оценка производственных мощностей предприятий-изготовителей. Рассмотрены действующие предприятия на возможность удовлетворения возросшего спроса на микроэлектронику. Определена необходимость разработки отечественных аналогов импортной продукции в условиях дефицита зарубежных поставок. Предъявлены требования для аналогов микроконтроллеров с сохранением их конкурентной способности, исследованы полученные варианты. Рассмотрено использование базового матричного кристалла как основы для разработки отечественного аналога импортной микроконтроллерной техники.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СОВМЕЩЕНИЯ СЛОЕВ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Л. Р. Кузнецова, Т. П. Любимова, Л. Н. Сучкова

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова»,
Нижний Новгород

В докладе рассмотрены технологические способы управления размерной стабильностью базовых материалов при изготовлении многослойных печатных плат:

- термостабилизация заготовок;
- поддержание стабильности климатических параметров;
- Copper Balance проводящего рисунка на наружных и внутренних слоях.

Приведены расчеты коэффициентов масштабирования размерных изменений слоев печатных плат по результатам рентгеновского анализа и результаты исследований влияния рисунка заполнения медью технологических полей на стабильность линейных размеров тонких слоев.

В целом, представлен комплексный подход обеспечения точности совмещения контактных площадок слоев с микропереходами и сквозными отверстиями в многослойных структурах печатных плат с помощью технологических усовершенствований и современного оборудования.

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА АВТОМАТИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИБКО-ЖЕСТКИХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОВОДНОГО ЭЛЕКТРОМОНТАЖА

Н. В. Кутузов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

При опытном и серийном изготовлении изделий одними из самых частых причин выявления брака в производстве являются дефекты, связанные с внутриблочным электромонтажом. Такие дефекты выражаются в:

- некачественной пайке проводов к контактным площадкам печатных плат и к контактам соединителей;
- повреждении изоляции проводов в процессе сборки и настройки;
- обрыве проводов в местах пайки в результате многократных деформаций при сборке или вибрационных нагрузок при испытаниях.

Целью работы является разработка прибора автоматики на гибко-жестких печатных платах (ГЖПП) без применения проводного электро-монтажа. Применение ГЖПП также позволяет ускорить и упростить процесс производства. Особенностью является изготовление ГЖПП с применением отечественных материалов, а также использование в приборе элементной базы отечественного производства.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРА НЕЙТРОНОВ НА ИЗОТОПНУЮ КИНЕТИКУ В РЕАКТОРАХ ВВЭР

С. Л. Леванов, Л. В. Леванов

АО «ОКБМ Африкантов», Нижний Новгород

Спектральное регулирование осуществляется в процессе выгорания топлива при помощи изменения водо-уранового отношения в ТВС за счет использования вытеснителей воды. Диапазон изменения водо-уранового отношения в ТВС при опущенных и извлеченных вытеснителях приблизительно от 1,5 до 2,0. Уменьшение количества замедлителя приводит к смещению спектра нейтронов в активной зоне в более жесткую область, что приводит к снижению сечения деления нечетных делящихся изотопов ($U-235$ и $Pu-239$) и к увеличению сечения резонансного захвата на $U-238$. Понижение водо-уранового отношения в начале работы и его увеличение в процессе выгорания топлива позволяют увеличить количество $Pu-239$, задействованного в процессе деления и уменьшить расход естественного урана.

В докладе проанализировано влияние изменения спектра нейтронов на изотопную кинетику в реакторах ВВЭР при использовании спектрального регулирования. Расчеты выполнены по различным программам, использующим метод Монте-Карло, метод характеристик и вероятностей первых столкновений. В качестве расчетной модели была выбрана эффективная ячейка твэл, полностью передающая объемы всех используемых в ТВС материалов. Изменение водо-уранового отношения при погруженных и извлеченных вытеснителях моделировалось изменением толщины оболочки твэла. Данная модель была протестирована на расчетах полномасштабной ТВС с погруженными и извлеченными вытеснителями. Результаты расчетов представлены в виде зависимостей концентраций изотопов U , Pu , Am и Cm от времени для погруженных, извлеченных и перемещаемых в процессе работы вытеснителей. Показано, что увеличение водо-уранового отношения в процессе выгорания за счет извлечения вытеснителей позволяет увеличить количество $Pu-239$, задействованного в процессе деления.

АТТЕСТАЦИЯ ВНЕОСЕВОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ЗЕРКАЛА ДИАМЕТРОМ 1100 ММ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

*Д. И. Лобачев, И. Н. Деркач, И. Е. Чернов, Д. С. Седов, В. Ю. Гладкий,
Р. С. Енцов, Г. П. Санников, Р. В. Борисов, А. А. Паришин*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Цель работы состояла в аттестации внеосевого параболического зеркала диаметром 1100 мм, входящего в состав стенда «Комплект технологического оборудования для аттестации телескопа ТК-СВ». Предложен способ определения формы параболического зеркала с использованием плоского зеркала диаметром 500 мм, с последующей шшивкой полученных результатов. Представлены результаты интерференционного контроля внеосевого параболического зеркала [1]. Приведены расчеты оптической схемы с внеосевым параболическим зеркалом с использованием специализированных программных комплексов. Получены результаты интерференционного контроля телескопа диаметром 1000 мм. Определены границы применения внеосевого параболического зеркала для аттестации крупногабаритных оптических элементов и оптических систем [2].

Список литературы

1. Высоцкая В. В., Деркач И. Н., Чернов И. Е. и др. Фазовый интерференционный контроль оптических элементов лазерной установки нового поколения / 19-я научно-техническая конференция «Молодежь в науке» // Сборник докладов. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2022. С. 272–279.

2. ГОСТ Р 8.745-2011/ISO/TR 14999-2:2005, Оптика и фотоника. Интерференционные измерения оптических элементов и систем. Измерения и методика оценки результатов. 2014. Ч. 2. С. 1–46.

ПРОБОПОДГОТОВКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА БОРА В БОРНОЙ КИСЛОТЕ МЕТОДОМ ЛИМС

Я. В. Логинова, И. В. Костылев, А. А. Костылева

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Любое практическое использование веществ и материалов, содержащих обогащенные изотопы бора, нуждается в аналитических методах определения концентрации изотопов бора. В настоящее время ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» осуществляет на постоянной основе контроль данного параметра. Контроль осуществляется при помощи масс-спектрометрического анализа, в котором лазерное излучение одновременно расплывает и ионизирует твердотельную пробу (метод ЛИМС).

Данный метод относится к методам неразрушающего контроля и пробоподготовка здесь не требуется, но невозможность получения аналитического сигнала вызвала необходимость дополнительной подготовки борной кислоты.

В данной работе представлены способы пробоподготовки борной кислоты и их оценка. Методом ЛИМС измерены значения изотопного отношения бора в борной кислоте у различных партий и определена концентрация изотопа ^{10}B . Дополнительно для устранения эффектов от различных дискриминаций (при образовании ионов из твердого образца, при анализе по массам, регистрации ионов, обработке масс-спектра) для каждого образца был произведен расчет коэффициента относительной чувствительности (КОЧ). Измерения и расчеты были выполнены относительно стандартного образца изотопного состава бора.

Предложен оптимальный способ пробоподготовки для определения концентрации изотопов бора в борной кислоте и контроля технологического процесса их концентрирования.

**РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
КАССЕТ С ОТРАБОТАВШИМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ
ИЗ БАССЕЙНА ВЫДЕРЖКИ БЕЛОЯРСКОЙ
АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

*А. С. Блинов, В. В. Доценко, О. Ю. Жабунина, Ю. Ю. Лушина,
М. В. Никульшин, В. В. Титов, Е. А. Товмасян*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»,
г. Снежинск Челябинской обл.

На БАЭС ОЯТ реакторов АМБ хранится в кассетах К-35, К-17н, К-17у в БВ-1 и БВ-2 первой очереди. В связи с запланированным ремонтом бассейнов выдержки возникла необходимость перемещения всех кассет сначала из БВ-2 в БВ-1, затем после завершения ремонта БВ-2 – всех кассет из БВ-1 в БВ-2 для последующего ремонта БВ-1. На первой очереди БАЭС имеется технологическая возможность перегрузки только кассет К-17н из БВ-1 в БВ-2 и обратно. Для выполнения поставленной задачи для кассет К-35 и К-17у потребовалось провести модернизацию существующего технологического оборудования 1958 года и разработать ряд новых конструктивных узлов. В данной работе представлены результаты расчетного обоснования прочности используемого для перемещения кассет технологического оборудования. Расчеты выполнены методом конечных элементов с использованием программного комплекса ЛОГОС.

В данной работе решены следующие задачи:

- обоснование прочности направляющей, предназначенной для позиционирования кассет при их установке на опорную поверхность транспортных тележек;
- определение напряженно-деформированного тележки с кассетой под действием собственного веса;
- исследование прочности опор и рельсовых путей, поврежденных коррозией;
- оценка прочности тележки и опор при сейсмическом воздействии 6 баллов по шкале MSK-64;

- определение состояния конструкций при аварийном падении кассеты К-35 на тележку;
- определение скорости кассеты при погружении на дно БВ;
- обоснование прочности двух вариантов демпфера, необходимых для снижения нагрузки в случае аварийного падения кассеты К-35 на дно бассейна выдержки.

По результатам выполненных расчетов получено, что все имеющееся и вновь разработанное технологическое оборудование сохраняет свою прочность в заданных условиях нагружения, что позволяет выполнить безопасное перемещение кассет К-35, К-17н, К-17у в бассейн выдержки.

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ РЕКОМБИНАЦИИ ВОДОРОДА ПЕРСПЕКТИВНОГО РАСТВОРНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

*П. А. Майоров, Н. А. Шлячков, В. Ю. Волгутов, О. А. Молькова,
А. А. Пикулев, Д. А. Юнин, А. Р. Дягель*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В РФЯЦ-ВНИИЭФ разрабатывается новый перспективный исследовательский растворный ядерный реактор (ИЯР), предназначенный для испытаний приборов и узлов конструкций, работающих под воздействием ионизирующего излучения. ИЯР предлагается оснастить системой каталитической рекомбинации (СКР) водорода, расширяющей его эксплуатационные характеристики при проведении облучательных экспериментов в статическом режиме работы за счет окисления радиолитического водорода в каталитическом блоке. Для этого предлагается использовать платина-палладиевый (Pt-Pd) катализатор, нанесенный на $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Поскольку катализатор с требуемыми характеристиками в промышленности не производится, была предложена реализация его изготовления на лабораторной базе РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Цель работы – разработка технологии изготовления Pt-Pd катализатора для СКР ИЯР и проведение его ресурсных испытаний.

Изготовление Pt-Pd катализатора проводили в несколько стадий, включающих: установление абсорбционно-структурных характеристик исходного субстрата ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$), его пропитку Pt- и/или Pd-содержащими растворами и последующего высокотемпературного восстановления металлов в потоке водородсодержащей газовой смеси. Было изготовлено семь партий катализаторов с массовой долей Pt и/или Pd от 0,25 % до 1,0 %, массой по 25 г каждая.

На лабораторном стенде СКР при разных скоростях циркуляции водородсодержащей парогазовой смеси определены эксплуатационные характеристики всех партий Pt-Pd катализаторов. Установлено, что состав катализатора Pt 0,25 % и Pd 0,25 % наиболее перспективен для применения в каталитическом блоке СКР ИЯР, т. к. обладает высокой каталитической активностью, скоростью выхода на рабочий режим эксплуатации и относительно низкой стоимостью по сравнению с Pd-катализаторами.

В настоящей работе реализованы основные технические решения для лабораторного изготовления Pt-Pd катализатора для СКР ИЯР.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА УГЛЕПЛАСТИКЕ

*В. Н. Борисов, О. В. Лысенко, Ю. А. Мамаева,
М. А. Миронова, Ю. Г. Смирнов*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ», г. Снежинск Челябинской обл.

Углепластики превосходят практически все наиболее широко используемые конструкционные полимерные и металлические материалы по удельным показателям прочности и жесткости, что определяет их преимущественное использование в оборонных отраслях промышленности. Условия эксплуатации изделий, изготовленных из углепластиков, могут быть очень разнообразны, поэтому системы лакокрасочных покрытий (ЛКП) должны обеспечивать стойкость и сохранность изделий к воздействию внешних факторов.

Целью работы являлся выбор и исследование систем ЛКП для нанесения на образцы из углепластика, обеспечивающих высокую стойкость к воздействию внешних факторов, высокую адгезию (0–2 балл по ГОСТ 31149-2014), значение параметра шероховатости поверхности с нанесенной системой ЛКП Ra не более 1 мкм.

В настоящей работе образцы из углепластика были изготовлены методом прямого прессования ткани Т1000/240 со связующим ЭПС-П-201. Для нанесения были выбраны и исследованы эпоксидные, акриловые, кремнийорганические, фторопластовые системы ЛКП:

- система № 1: грунтовка ЭП-0104 и эмаль ЭП-140,
- система № 2: грунтовка АК-070 и эмаль АС-1115,
- система № 3: грунтовка КО-0170 и эмаль КО-5189,
- система № 4: грунтовка ЭП-0104 и эмаль ФП-5190.

Измерены значения шероховатости поверхности образцов из углепластика до и после нанесения систем ЛКП, проведены ускоренные климатические испытания (УКИ) образцов с нанесенными системами ЛКП, определена прочность сцепления систем ЛКП с поверхностью образцов из углепластика до и после проведения УКИ.

Проведенные исследования показали, что системы ЛКП № 1, 3, 4 имеют наивысшую прочность сцепления с поверхностью образцов из уг-

лепластика (0 балл по ГОСТ 31149-2014), обладают высокой стойкостью и сохранностью к воздействию климатических и термических факторов. Значение шероховатости поверхности образцов из углепластика в исходном состоянии до нанесения ЛКП составило Ra 2,2 мкм, с нанесенными системами ЛКП для систем №№ 1, 2, 3 – в диапазоне от Ra 3,2 мкм до Ra 4,3 мкм.

Установлено, что система ЛКП № 4 (грунтовка ЭП-0104 и эмаль ФП-5190) на образцах из углепластика, изготовленных из ткани Т1000/240 со связующим ЭПС-П-201, показала наилучшие результаты по исследуемым параметрам: высокую стойкость к воздействию внешних факторов, 0 (наивысший) балл адгезии по ГОСТ 31149-2014, значение параметра шероховатости поверхности – Ra 0,9 мкм.

ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

А. С. Матвеева, В. Н. Халдеев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Сферические поверхности находят широкое применение в деталях промышленного применения и в изделиях, используемых при проведении экспериментов научного характера.

Рабочим инструментом при электроэрозионной обработке (ЭЭО) является электрическая искра, возникающая при импульсном электрическом разряде и представляющая собой низкотемпературную плазму (5–40 тыс. градусов).

Для обеспечения конструктивной прочности тонкостенные оболочки изготавливаются из металлов и сплавов, как правило, трудно поддающихся обработке резанием. Трудоемкость изготовления таких оболочек определяется их размерами, точностью формы, взаимным расположением и шероховатостью поверхностей, и физико-механическими свойствами материала. Основные требования к сферическим оболочкам – жесткие допуски на диаметральные размеры, малые отклонения от сферичности поверхностей и разнотолщинности стенки.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований было разработано новое направление в получении прецизионных полусферических оболочек. В докладе представлены следующие вопросы:

1. Метод электроэрозионного формообразования сферических поверхностей, основанный на самопрофилировании рабочей поверхности инструмента относительно обрабатываемой сферической поверхности.

2. Физическая модель электроэрозионного формообразования, в основу которой положено явление дискретного поступления энергии в виде электронного компонента.

Методика была реализована при изготовлении выпуклых и вогнутых поверхностей сферической формы из вольфрама и его труднообрабатываемых сплавов. Результаты теоретических исследований подтверждены комплексом специальных экспериментальных исследований.

РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ УТИЛИЗАЦИИ ФАКЕЛЬНЫХ ГАЗОВ

Н. С. Митрофанов

ИФХТМ НГТУ им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород

Работа посвящена улучшению экологической обстановки, как в регионе, так и в мире, поиску решения к снижению сжигания ценных газовых компонентов, сбрасываемых на факелы, увеличению глубины переработки и использования нефтегазового сырья предприятием. В настоящее время, в факельных газах содержатся весьма ценные компоненты, которые сжигаются на факельных стволах – водород, метан, этан, этилен, пропан, пропилен, бутан, изо-бутан, пентан и гексан.

На данный момент, в мире, нет технологической установки, которая бы полностью перерабатывала попутный нефтяной газ или факельные газы, а их полученные продукты вовлекала в дальнейшее производство.

Научная работа представляет собой, прежде всего, концептуальный и аналитический подход в решении экологической проблемы, а основная задача – это создание установки «EaR» с применением возобновляемых источников энергии.

Основные функции создаваемой установки – нивелировать сжигания углеводородов на факельных установках нефтегазоперерабатывающего предприятия, переработать вторичные и некондиционные факельные углеводороды с установок и направлять полученные углеводороды на установки предприятия в качестве сырья. Теоретически, в данную установку, закладывается возможность использования углеводородной некондиции с других предприятий.

Автором описана теоретическая часть работы установки, проведены расчеты газовых компонентов и средних показателей загрузки и выходов каждого компонента с установки, проведены экономические расчеты с учетом экологических квот, проведены экологические расчеты, показана нагрузка выбросов на атмосферу и дана теоретическая оценка экологической обстановки в г. Кстово.

Благодаря использованию установки, снижение выбросов предприятием предполагается таким же, как если сократить численность автомобилей в г. Кстово с 30 000 до 14 500 шт.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОРЦЕВЫХ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ОТВЕРСТИЙ В МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАТАХ

Ю. С. Мяжкова

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова»,
Нижний Новгород

Технология изготовления многослойных керамических плат (МКП) методом низкотемпературного совместного обжига (Low Temperature Co fire Ceramic – LTCC) является в настоящее время одним из самых перспективных направлений в области создания СВЧ техники и используется в различных отраслях промышленности.

Одной из отличительных особенностей изделий, изготовленных по LTCC-технологии, является то, что МКП может быть одновременно платой и корпусом. Подавляющее большинство выпускаемых корпусов имеют торцевую металлизацию.

Проведенные ранее исследования по получению торцевой металлизации, путем заполнения отверстий проводниковой пастой в каждом керамическом слое с последующим ламинированием заготовки, не обеспечили получение отверстий необходимого качества из-за рассовмещения слоев.

В данной работе проведены исследования других способов формирования торцевой металлизации, а именно, получение торцевой металлизации в «сыром» керамическом пакете. Торцевая металлизация формируется методом сверления в ламинированной заготовке с последующим заполнением проводниковой пастой.

Исследования проводились на отверстиях следующих типо-размеров: диаметр 0,3 мм с шагом 0,7 мм; 0,5 мм с шагом 1,3 мм; 1 мм с шагом 2 мм.

Для заполнения отверстий применялась паста ПП-141 с вязкостью 17, 21, 28 мм, которая наносилась через трафарет.

В процессе проведения исследований разработана технология изготовления торцевых металлизированных отверстий, которая позволяет расширить функциональные возможности изделий на основе LTCC-плат и создавать миниатюрные модули и системы в корпусе.

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ, КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А. В. Наумов, В. А. Мещеряков, С. И. Буртасов, Е. А. Казаков

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г.Саров Нижегородской обл.

Источник электропитания – важная и неотъемлемая составная часть любой электронной аппаратуры, и вопросы электропитания аппаратуры требуют тщательной проработки для обеспечения ее надежной работы.

Для нормального штатного функционирования приборов из состава образцов ВиВТ на всех этапах отработки необходимо устройство, которое совместно с внешней аккумуляторной батареей будет обеспечивать надежное, стабильное, качественное и непрерывное напряжение сети электропитания. Таким устройством может выступать исследуемый универсальный электронный модуль (УЭМ).

Данная работа посвящена исследованию, анализу схемотехнических и конструктивных решений универсального электронного модуля.

Актуальность исследования обусловлена отсутствием на российском рынке аналогичных современных устройств, применяемых в аппаратуре бесперебойного электропитания в образцах ВиВТ.

УЭМ предназначен для контроля напряжения на АБ, автоматического заряда аккумуляторных батарей (АБ), защиты АБ от перегрузки по току и короткого замыкания. При наличии питающего напряжения в допустимом диапазоне УЭМ заряжает АБ (поддерживает заряд АБ). При пропадании напряжения сети электропитания УЭМ прекращает заряд АБ с последующим переключением АБ к потребителю.

Работа содержит обоснование выбранных технических решений, анализ соответствия электро-радио изделий требованиям стойкости к внешним воздействующим факторам и соответствие требованиям надежности. Приведены пути миниатюризации конструкции и повышения показателей надежности.

В проекте представлена электронная трехмерная модель модуля с применением САПР Altium Designer, Компас-3D, проведена разработка и отладка программного кода микроконтроллера с применением программно-аппаратных средств производства АО «НИИЭТ» г. Воронеж.

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЦЕЛЕВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И БОЕВОМ ПРИМЕНЕНИИ

*А. С. Блинов, О. А. Бычков, В. В. Доценко, А. Н. Малоярославцев,
А. В. Нигматуллина, М. В. Никульшин, М. Л. Соколов,
В. В. Титов, С. Ю. Юдин*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»,
г. Снежинск Челябинской обл.

В РФЯЦ-ВНИИТФ разработана целевая нагрузка (ЦН) для оснащения беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Конструкция целевой нагрузки состоит из осколочно-фугасного заряда с ударными ядрами и устройства взрывного разработки РФЯЦ-ВНИИТФ.

В данной работе представлены результаты расчетного обоснования прочности ЦН на соответствие требованиям технического задания. Расчеты проведены методом конечных элементов.

В работе решены следующие задачи:

- оценка состояния ЦН при нормальных условиях транспортирования;
- определение напряженного состояния ЦН в составе БПЛА при эксплуатации и боевом применении;
- оценка состояния ЦН при контактном режиме срабатывания при встрече с преградой;
- анализ состояния ЦН при аварийном падении.

По результатам выполненных расчетов получено, что ЦН удовлетворяет требованиям технического задания.

ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОДПОРА В МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ КОРПУС

Н. А. Ордин, О. В. Лысенко, С. П. Дровосеков, А. С. Сериков

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»,
г. Снежинск Челябинской обл.

В настоящее время во РФЯЦ-ВНИИТФ разрабатывается оптическое устройство, в состав которого входит линза, изготавливаемая из импортного материала. Специалистами РФЯЦ-ВНИИТФ было предложено использование лейкосапфира вместо импортного материала, который должен быть герметизирован в металлический корпус.

Для изготовления паяного соединения, обеспечивающего герметичность при воздействии избыточного давления и минимальное снижение оптического излучения, был выбран высокотемпературный припой на основе оксидных систем.

Был проведен термический анализ стеклоприпоя для определения температуры стеклования и температуры начала деформации.

Проведены исследования по растеканию стеклоприпоя по материалу корпуса.

На основании полученных результатов были предложены и опробованы различные режимы герметизации (в среде аргона и в вакууме).

Таким образом, в результате проведения комплекса экспериментов и испытаний был разработан режим герметизации, обеспечивающий сохранение работоспособности паяного соединения при избыточном давлении.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛЕЦ И ВТУЛОК ИЗ СТЕКЛОПРИПОЯ СП-75

Н. А. Ордин, М. В. Турушева, С. Ю. Аминов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»,
г. Снежинск Челябинской обл.

Разработана технология изготовления колец и втулок из стеклоприпоя СП-75 в среде аргона и в вакууме для герметизации узлов, включающих оптические волокна (кварцевые и сапфировые). Определены температурные режимы и материалы для изготовления. Проведены исследования выплавленных колец и втулок на соответствие химическому анализу и температуры плавления.

Разработке оптоволоконных систем в настоящее время уделяется повышенное внимание, благодаря тому, что они представляют одно из перспективных направлений технологического развития в разных сферах промышленности.

В данной работе представлена разработка технологии изготовления трубок, втулок и колец стеклоприпоя СП-75, которые применимы в качестве герметизирующего элемента для пайки и герметизации узлов различного назначения, в частности, оптического волокна с корпусом в двух инертных средах – аргоне и вакууме.

Рассмотренный вариант закладки стеклоприпоя СП-75 в виде втулок и колец, в отличие от использования стеклоприпоя в виде крупки, позволяет обеспечить доступную, облегченную сборку технологических узлов без нарушения точности позиционирования, исключая возможность просыпания стеклоприпоя СП-75, что в свою очередь, существенно позволяет снизить количество брака.

Применение формованного стеклоприпоя позволяет исключить риск повреждения оптического волокна острыми гранями крупки стеклоприпоя, что оказывает значительное влияние на качество передаваемого сигнала, а также использовать количество стеклоприпоя, необходимое для герметичного соединения и минимального контакта с оптическим волокном.

СТЕНД ГАЗОВЫЙ

Д. В. Червяков, К. А. Плаксина, С. Ф. Долбищев, Е. В. Чесноков

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В работе представлен стенд газовый, который относится к испытательной технике и может быть использован для проверки герметичности изделий с помощью вакуума или избыточного давления, заполнения изделий газом, контроля давления в системе и проверки системы на пропускную способность.

Стенд включает в себя следующие основные узлы:

- каркас;
- вакуумный насос;
- комплект вентиляей;
- систему трубопроводов;
- цифровые датчики давления и вакуума с отображающими устройствами;
- электромагнитный клапан, обеспечивающий отсечку потока газа через заданный промежуток времени;
- ложементы для установки баллонов.

Каркас стенда выполнен из профильной трубы и облицован листами.

В верхней части стенда расположена приборная панель, на которой установлены датчик давления и датчик вакуума с отображающими устройствами и электромагнитный клапан с таймером. Таймер позволяет проводить кратковременное открытие электромагнитного клапана и стравливание давления из изделия.

Рядом с приборной панелью располагается панель вентиляей, с помощью которой осуществляется управление стендом.

Внутри стенда располагается вакуумный насос с помощью которого осуществляется вакуумирование изделия и ложементы для установки баллонов с необходимыми газовыми смесями.

В функциональные возможности стенда газового входит:

- вакуумирование изделия до требуемой величины давления и проверка на герметичность вакуумом;

- заполнение изделия газом и проверка на герметичность избыточным давлением газа;
- стравливание избыточного давления газа из полостей изделия и газовых коммуникаций до требуемой величины;
- проверка системы на пропускную способность;
- смешивание нескольких газов в необходимой пропорции.

В настоящее время стенд газовый находится на стадии изготовления и в последующем будет применяться для проведения экспериментов.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ОТЛАДКИ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ CAN-ШИНЫ

Д. И. Пучков, В. А. Краев¹, А. В. Зарубин¹

СарФТИ НИЯУ МИФИ, г. Саров Нижегородской обл.

¹ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В современной технике и технологических процессах задействуют все большее число датчиков и приборов. Для отслеживания их параметров и работы создаются системы, позволяющие управлять большим числом устройств. Одной из распространенных систем является стандарт промышленной сети CAN.

В данном докладе представлена разработка аппаратного средства для отладки устройств CAN-шины. Аппаратное средство базируется на микроконтроллере LDM-K1986BE92QI, на основе процессора семейства Cortex-M3. Средство обеспечивает связь ЭВМ с подключенной CAN-шиной. Для реализации данного взаимодействия был вновь разработан протокол преобразования данных CAN-формата в пакеты данных стандарта UART. Так же реализовано обратное преобразование информации. Взаимодействие с ЭВМ осуществляется по СОМ-порту. Разработано программное обеспечение, позволяющее устройству считывать данные с CAN-шины и осуществлять их отправку на ЭВМ, а так же отправлять данные с ЭВМ на шину. При разработке была заложена возможность дальнейшей модернизации устройства.

**РАЗРАБОТКА БАЗОВОГО МАТРИЧНОГО КРИСТАЛЛА
КАК ОСНОВА МИКРОСБОРКИ ДЛЯ ЗАМЕНЫ
МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА
ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

А. А. Райченко, Е. А. Краев, А. В. Зарубин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Позиции российской микроэлектроники на отечественном рынке в значительной мере оказались занятыми зарубежными производителями, предложив российскому рынку широкий спектр микроэлектроники. В сложившейся ситуации отечественные производители смогли предоставить необходимый объем электроники для российского потребителя, но в военной и промышленной сфере образовался дефицит. Разработка современных систем вооружений, средств спецсвязи, бортовой электроники требует применения более сложной ЭКБ отечественного производства с характеристиками, определяемыми разработчиками данных систем и удовлетворяющих потенциальных заказчиков.

Целью же данной научно-исследовательской работы является разработка БМК в качестве основы микросборки для замены микроконтроллеров в условиях дефицита ЭКБ.

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ И АМПЛИТУДЫ РАЗВЕРТКИ ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА НА СКЛОННОСТЬ СВАРНОГО ШВА К ВОЗНИКНОВЕНИЮ КОРНЕВЫХ ДЕФЕКТОВ

Н. И. Седакин, В. В. Соснин, А. В. Макаров, М. Е. Зотов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) относится к методам сварки высококонцентрированными источниками энергии. Она позволяет получать сварной шов с отношением глубины проплавления к ширине шва 20:1 и более, что может приводить к возникновению специфического дефекта – пористости в корневой зоне сварного шва. Связано это с гидродинамическими процессами, протекающими в парогазовом канале. Для возможного предотвращения корневых дефектов необходимо формировать парогазовый канал с достаточно широкой нижней частью и закругленным дном. Обеспечить это можно, применяя сварку с осциллирующей электронной пучка.

Как показал ряд экспериментов, геометрические характеристики, а также качество сварных соединений, выполняемых электронно-лучевой сваркой, достаточно сильно зависят от формы и амплитуды развертки электронного луча. Из рассмотренных форм развертки наилучшие показатели были получены при использовании треугольной развертки. Также, в ходе экспериментов было определено оптимальное значение амплитуды развертки. Как показали результаты экспериментов, проблема получения качественных сварных соединений, а именно – предотвращение образования пор в корневой зоне шва, может успешно решаться применением технологии сварки с колебаниями электронного луча по развертке треугольной формы и амплитудой $X=Y=0,06$ мА.

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНО-УПРАВЛЯЮЩЕГО УЗЛА МАКЕТА СИСТЕМЫ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ РЕКОМБИНАЦИИ ВОДОРОДА РАСТВОРНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

*И. А. Синицын, Д. А. Юнин, А. А. Кубасов, С. А. Кимяев,
А. В. Демьянов, П. А. Майоров*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В настоящее время в РФЯЦ-ВНИИЭФ эксплуатируется исследовательский ядерный реактор ВИР-2М [1]. Специфической особенностью реакторов серии ВИР является необходимость периодического сжигания гремучего газа (ГГ), образующегося при радиоллизе топливного раствора. В этом случае при воспламенении ГГ происходит резкое падение мощности реактора (после сгорания ГГ резко падает давление в корпусе, разогретый топливный раствор вскипает – реактор переходит в подкритическое состояние).

Перспективной альтернативой системе поджига является утилизация ГГ с помощью системы каталитической рекомбинации (СКР). Такая система позволит утилизировать образующийся ГГ в непрерывном режиме, без скачков давления и, в результате, без провалов мощности реактора.

На данный момент создан макет СКР, необходимый для подтверждения рабочих параметров.

Для макета СКР разработана система регистрации и управления: начиная от технических требований, подбора оборудования, коммутации, разработки программного обеспечения, отладки, оценки погрешности измерений, введения аварийных уставок до испытаний макета, с получением обширных экспериментальных данных.

Разработанная система регистрации и управления макета СКР позволяет:

1. Регулировать скорость поступления водорода и кислорода;
2. Регистрировать расход парогазовой смеси; изменение давления, температуру катализатора, модельного топливного раствора, контура нагревателя; концентрацию водорода;
3. Формировать аварийные и предупредительные сигналы при превышении уставок;
4. Управлять электромагнитными клапанами и регуляторами расхода газа.

Список литературы

1. Воинов А. М., Колесов В. Ф., Матвеевко А. С. и др. Водный импульсный реактор ВИР-2М и его предшественники // ВАНТ. Сер. Физика ядерных реакторов. 1990. Вып. 3. С. 3–15.

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ
В 1,3,5-ТРИАМИНО-2,4,6-ТРИНИТРОБЕНЗОЛЕ,
ПОЛУЧАЕМОМ ИЗ 2,4,6-ТРИХЛОРАНИЛИНА,
НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЕГО ТЕРМОРАСПАДА**

*Ю. В. Спирина, С. Э. Гребенникова, Д. А. Кащеев, Т. Е. Курсанова,
Н. А. Мирошниченко, Ю. В. Шейков*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В промышленном масштабе реализованы способы получения ТАТБ аминированием 1,3,5-трихлор-2,4,6,-тринитробензола (ТХТНБ). Широкое распространение получил метод синтеза ТАТБ из 2,4,6-трихлоранилина (ТХА). Известно, что он содержит ряд примесей. Методами жидкостной хроматографии (ЖХ) и тонкослойной хроматографии (ТСХ) в качестве примесей в ТАТБ были идентифицированы порядка 11 веществ. В некоторых из них хлора вообще нет, а в других его содержание колеблется от 10 до 50 %.

По результатам исследования кинетики термического разложения взрывчатого вещества (ВВ) 1,3,5–триамино–2,4,6–тринитробензола (ТАТБ) методами дифференциально-термического и термогравиметрического анализа (ДТ-ТГ анализа) в условиях линейного нагрева и идентификации продуктов его разложения хромато-масс-спектрометрическим методом показано, что наличие технологических примесей ВВ ТАТБ в виде хлорорганических соединений может являться причиной некорректных расчетов кинетических параметров термического разложения ВВ ТАТБ при оценке его реакционной безопасности. Предложено для расчета кинетических параметров собственно ВВ ТАТБ рассматривать кинетику термораспада в температурной области свыше 225 °С.

Исследование кинетики разложения ТАТБ, синтезированного из ТХА, методами ДТ/ТГ анализа при скоростях нагрева от 1 до 10 °С/мин позволило сделать предположение о том, что на первой стадии при термическом воздействии на него до температуры 225 °С происходит разложение технологических примесей в ВВ.

Исследование продуктов разложения ВВ ТАТБ при 225 °С с применением хромато-масс-спектрометрического метода показало, что обнару-

женные продукты можно отнести к хлорорганическим примесям, оставшимся в ТАТБ при его синтезе.

По результатам расчета кинетических параметров, основанных на данных ТГ-анализа, установлено, что продукты разложения примесей не оказывают каталитического влияния на распад собственно ВВ и при оценке реакционной безопасности ТАТБ следует рассматривать температурную область свыше 225 °С.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ВЫСОКИМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

*А. А. Теменкова, А. А. Дорофеев, С. И. Калмыкова,
А. А. Кудряшкина, Н. В. Половинкина*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Разработана технология получения полимерного композиционного материала, обладающего высокими диэлектрическими свойствами и высокой рабочей температурой.

Исследованы полимерные композиции на основе эпоксидно-кремнийорганической смолы в качестве связующего с одним из наполнителей: карбид бора, электрокорунд, двуокись титана, кварц, аэросил. Определены оптимальные соотношения «связующее – наполнитель».

Проведены испытания по определению электрических параметров материалов на основе полученных полимерных композиций. Установлено, что наиболее полно предъявляемым требованиям к разрабатываемому полимерному композиционному материалу, имеющему электрическую прочность не менее 14 кВ/мм и рабочую температуру до 300 °С, удовлетворяет композиция на основе эпоксидно-кремнийорганической смолы с электрокорундом в качестве наполнителя.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

М. А. Тодоров, А. В. Мефодьев, В. В. Пятерикова

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» ведется разработка и внедрение технологии селективного лазерного плавления (СЛП). Использование технологии СЛП в производстве позволяет изготовить заготовки деталей сложной формы без оснастки и минимальной последующей механической обработки, что способствует значительному сокращению времени технологического цикла и стоимости готового изделия. В НИО-07 с 2021 года функционирует участок СЛП-печати с использованием отечественных программного обеспечения (ПО) и металлических порошковых композиций (МПК).

Целью работы являлось определение оптимальных параметров технологических режимов получения материалов с беспоровой структурой, механические свойства которых не уступают материалам, полученным традиционными методами (литье, ковка, прокат и др.). Объектами исследования в работе были образцы, изготовленные по технологии СЛП на отечественной установке MeltMaster^{3D}-250HT (производства АО «НПО «ЦНИИТМАШ»), из нержавеющей стали, жаропрочного сплава на основе никеля, титанового сплава.

Определены режимы получения материала методом СЛП (удельная мощность, скорость сканирования, шаг сканирования), при которых плотность составляет более 99,97 %.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМИНИЗИРОВАННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМА ЛАЗЕРНОГО ИНИЦИИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

*Н. С. Толоконникова, С. М. Батьянов, О. Н. Калашиникова,
О. М. Луковкин, Д. В. Мильченко, Ю. В. Шейков*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Задача разработки светочувствительных ВС для систем безопасного лазерного инициирования зарядов требует адекватных представлений о механизме возбуждения взрывчатого превращения при поглощении импульса лазерного излучения частицами металла (в данном случае алюминия), входящими в ВС. Можно представить себе два различных механизма образования первичной волны сжатия – за счет испарения частиц Al и за счет выделения газов при быстрой реакции разогретых включений Al с ВВ и продуктами его разложения. Во втором случае, инициирование должно облегчаться при максимально плотном контакте частиц Al с кристаллами ВВ – в предельном случае, если наноразмерные частицы Al включены непосредственно в кристаллическую структуру ВВ.

Для верификации данных предположений, был разработан экспериментальный способ получения ВС на основе высокодисперсного гексогена с добавками нанодисперсного алюминия (50–100 нм), отличающихся характером распределения частиц Al: только на поверхности кристаллов ВВ (I), на поверхности и внутри кристаллов (II) и только внутри кристаллов (III). Далее для низкоплотных ($\approx 1 \text{ г/см}^3$) образцов трех полученных ВС, была определена пороговая энергия возбуждения взрыва, переходящего затем в детонацию, при поглощении ЛИ с длиной волны 1,06 мкм и длительностью $\approx 10 \text{ нс}$.

Показано, что наибольшую чувствительность к импульсу ЛИ показали образцы ВС, содержащие только алюминий на поверхности частиц основного ВВ. Для образцов с тем же общим содержанием металла, но содержащих $\approx 50 \%$ Al внутри кристаллов ВВ, порог инициирования вырос на $\approx 60 \%$. Образцы, содержавшие только внутрикристаллический Al, малочувствительны к ЛИ и их детонации в опытах добиться не удалось.

Полученные результаты показывают, что первоначальное возбуждение взрывчатого превращения в низкоплотном алюминизированном ВС при поглощении импульса не связано с химической реакцией и, по всей видимости, происходит за счет волны сжатия от испарившихся частиц Al в пространстве между кристаллами основного ВВ. Реакция Al с ВВ и продуктами его разложения если и имеет место, то на более поздней стадии, и влияния на процесс инициирования не оказывает.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИСТИННОЙ ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ НАКОПЛЕНИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Н. Н. Тулаева

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»,
г. Снежинск Челябинской обл.

Переход от оценок прочности конструкций к оценкам безопасности требует анализа сценариев развития возможных аварий. Описание деформирования материала при больших деформациях, в том числе – при потере устойчивости деформирования и разрушении, выполняется с помощью истинной диаграммы деформирования материала. К настоящему времени известен ряд способов восстановления такой диаграммы по данным испытаний, но большинство опираются на результаты стандартных испытаний при однократном нагружении.

Нагружение конструкции в ходе эксплуатации (циклическое) приводит к накоплению повреждений, проявляющемуся в падении механических характеристик материала. Существующие модели накопления повреждений описывают обычно снижение прочностных характеристик, что достаточно при расчетах на прочность по допускаемым напряжениям, но не достаточно для расчетов на безопасность.

Продолжением задач анализа поведения конструкций в аварийных ситуациях являются задачи синтеза конструкций, разрушающихся заданным образом, т. е. демонстрирующих требуемый механизм деформирования. При расчетном моделировании в этих задачах также следует учитывать, что деформированию подвергается материал, накопивший определенные повреждения, которые могли повлиять на вид его диаграммы деформирования.

Таким образом, в данной работе рассмотрены методы восстановления истинных диаграмм деформирования и учета накопления повреждений.

Проведен анализ результатов испытаний цилиндрических образцов из сплава ХН55МВЦ при однократных и ультрамалоцикловых испытаниях.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛОСТЕКЛЯННОГО СПАЯ

Н. Н. Тулаева, И. В. Минаев, В. В. Сергодеев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»,
г. Снежинск Челябинской обл.

В настоящее время возрастает необходимость в применении разъемных, герметичных соединений оптических линий для передачи информации, работающих в условиях высокого давления. Принято обеспечивать герметизацию ферул в корпусе при помощи клея и резиновых уплотнений. Данное техническое решение ограничивает величину рабочего давления. Техническое решение соединения ферул с корпусом по технологии металлокерамических спаев является инновационным, ведет к значительному увеличению пределов эксплуатационных давлений и собственно надежности и сроков службы соединения. В связи с этим существует необходимость в исследовании прочности соединения ферулы с корпусом гермопроходника на основе стеклокерамического спаев.

В данной работе представлены результаты расчетного моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов гермопроходника при изготовлении металлостеклянного спаев. Проведен анализ НДС конструкции при действии рабочего давления и получены коэффициенты запаса прочности элементов гермопроходника. Рассмотрено влияние изменения геометрических размеров стекла на напряженное состояние ферулы, стекла и корпуса. Проведена оценка значения предельного давления, соответствующего моменту смещения ферулы относительно стекла. Рассмотрено влияние высоты стекла на величину предельного давления.

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЙ ФИЛЬТР САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

Е. В. Тяпков, С. В. Вертей, М. И. Мигачев, Е. С. Сергеева

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Одной из важнейших задач современной антенной техники, является построение многофункциональных пассивных и активных антенных систем, обеспечивающих высокоэффективную работу различных радиотехнических комплексов, например, радионавигации, радиоразведки и радиопротиводействия, связи с подвижными объектами, радиоуправления. В качестве одного из основных узлов таких антенных систем используются фильтры СВЧ. Они используются для разделения или сложения сигналов разных частот в многоканальных системах связи или в узлах радиотехнических устройств. Также они используются для ограничения спектра электромагнитных колебаний мощных радиопередатчиков или для защиты приемников от помех, расположенных вне их рабочей полосы частот.

Цель, для которой разрабатывается данный полосно-пропускающий фильтр, состоит в ограничении рабочей полосы частот радиопередатчика и делении ее на несколько частотных поддиапазонов с возможностью переключения между ними.

В данной работе рассматривается перестраиваемый полосно-пропускающий фильтр, способный разделить рабочую полосу частот радиопередатчика на несколько поддиапазонов с возможностью переключения между ними для обеспечения передачи энергии широкополосного радиопередатчика в необходимых полосах частот.

Рассчитаны элементы конструкции и основные электродинамические характеристики перестраиваемого полосно-пропускающего фильтра. Проведено моделирование данного перестраиваемого полосно-пропускающего фильтра. Разработана система переключения между полосами частот, управляемая с помощью персонального компьютера удаленно.

ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ВСЕНАПРАВЛЕННОГО УДАРНОГО ДАТЧИКА

А. В. Ушков

ФГУП «ВНИИА им. Н. Л. Духова», Москва

В течение жизненного цикла приборы и оборудование могут подвергаться ударным воздействиям различной интенсивности, которые способны негативно отражаться на их работоспособности. В случае длительного хранения или автономной эксплуатации изделий, чувствительных к ударам, для регистрации ударных импульсов предпочтительно использовать датчики, не требующие для своей работы электрического питания, срабатывание которых происходит при определенной амплитуде ударного ускорения. При этом для минимизации количества таких датчиков, устанавливаемых на объекте, их проектируют всенаправленными, то есть способными регистрировать ударные импульсы, действующие в любом направлении. Один из способов практической реализации всенаправленности в пороговых датчиках удара (ДУ) состоит в использовании в качестве чувствительного элемента (ЧЭ) системы конус-шар-рычаг. В серийно выпускаемых ДУ диаграмма направленности отличается от круговой и имеет вид шестиугольника, в связи с чем их суммарная погрешность достигает $\pm 20\%$ относительно номинального значения уставки. При этом существенный вклад в ее формирование ($\approx 50\%$) вносит методическая составляющая систематической погрешности. С целью увеличения точности срабатывания была начата разработка новой конструкции ДУ. Для оценки точностных характеристик и оптимизации конфигурации ЧЭ были разработаны математические модели существующего и вновь разрабатываемого ДУ. С их помощью было установлено, что добиться снижения методической составляющей погрешности более чем в три раза – с $\pm 10\%$ до $\pm 3\%$, и, тем самым, приблизить форму диаграммы направленности ДУ к круговой, можно за счет кратного увеличения числа шаров в ЧЭ. Достоверность полученных результатов подтверждена экспериментально в процессе проведения испытаний макетных образцов ДУ.

ВЫБОР ЧАСТОТЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ПРИ ВИБРОИЗМЕРЕНИЯХ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЛУЧАЙНОЙ ВИБРАЦИИ

Е. В. Пешехонов, Е. В. Фигуров

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Измерения вибрации является неотъемлемой и важной частью практически любых испытаний конструкций. Полученные результаты могут в полном объеме представить картину протекающих в них вибропроцессов, необходимых для определения и подтверждения прочностных характеристик конструкций заданным требованиям.

Точность измерения мгновенных значений вибрации определяется точностью регистрирующей системы. Точность определения интегральных показателей широкополосной случайной вибрации (ШСВ) кроме точности измерения мгновенных значений вибрации зависит также от частоты дискретизации и интервала регистрации сигнала вибрации. В соответствии с теоремой В. А. Котельникова частота дискретизации выбирается равной или превышающей удвоенную верхнюю частоту фильтра согласующего устройства. На практике, как правило, частота дискретизации выбирается больше удвоенной верхней частоты фильтра согласующего устройства.

ШСВ представляет собой случайный стационарный процесс. Точность измерения мгновенных значений ШСВ, определяемая точностью регистрирующей системы, составляет порядка 10–20 %. Точность определения интегральных показателей ШСВ, кроме точности определения мгновенных значений ШСВ определяется частотой дискретизации и интервалом регистрации сигнала вибрации.

В данной работе приведен анализ влияния частоты дискретизации и интервала регистрации на точность определения интегральных показателей ШСВ.

ТРАВЛЕНИЕ ПРОВОДЯЩИХ РИСУНКОВ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ВЫСШИХ КЛАССОВ ТОЧНОСТИ

А. В. Харитонычев, Т. П. Любимова, Л. И. Прокофьев

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова»,
Нижний Новгород

Основная тенденция развития цифровой и вычислительной техники состоит в повышении интеграции и миниатюризации электронных компонентов с увеличением плотности межсоединений. Формирование проводящих рисунков является одним из основных процессов в изготовлении печатных плат. Минимальная ширина проводников и зазоров рисунка в значительной мере определяет класс точности печатной платы, ее коммутационную способность и плотность межсоединений в устройстве. Операция травления меди является завершающей в цепи фотолитографического процесса формирования проводящего рисунка и одной из наиболее сложных технологически.

В докладе проанализированы современные способы получения проводящего рисунка в различных условиях травления, представлены результаты исследований получения проводящего рисунка внутренних и наружных слоев многослойных печатных плат с шириной проводников и зазоров 75 мкм с заданной точностью по металлорезисту и фоторезисту. Приведены статистические данные обработки и анализа полученных результатов, выданы рекомендации о способах и применении материалов для получения проводящего рисунка печатных плат высших классов точности.

МЕТОД ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ КАК СРЕДСТВО ИССЛЕДОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАТ

И. П. Чиненкова, Ю. В. Усов, И. О. Усова

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова»,
Нижний Новгород

Метод электронной микроскопии является наиболее перспективным и имеет широкое применение в производстве изготовления радиоэлектронной техники. Данная технология позволяет изучать не только свойства поверхности, но и получать наглядную информацию о структурах.

В работе приводятся результаты исследований структуры многослойных керамических плат на электронном микроскопе. Описаны режимы сканирования образцов и влияние структуры покрытий на качество получаемых паяных соединений.

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ «ГАММА-4»

Д. Ю. Шошин, К. С. Шилин, Р. А. Майоров, Д. А. Кульдюшов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Установка «Гамма-4» состоит из четырех однотипных ускорительных модулей, каждый из которых представляет собой импульсный сильноточный ускоритель электронов (2 МэВ, 750 кА, 65 нс). В качестве изолятора в 35 узлах установки используется деионизованная вода с удельным электрическим сопротивлением не ниже 10 МОм·см и общим объемом 85 м³. С целью заполнения данных узлов водой с необходимым электрическим сопротивлением разработана система водоподготовки (СВП). СВП расположена на трех этажах, общая протяженность магистралей ~1,5 км, количество управляемых элементов – около 200. Управление системой водоподготовки осуществляется с помощью автоматизированной системы управления.

В работе представлены технические и программные решения по разработке автоматизированных режимов работы СВП. Система управления построена по распределенной схеме, включающей в себя управляющую ЭВМ и программируемые логические контроллеры, расположенные в непосредственной близости от объектов управления. Контроллеры и управляющая ЭВМ объединены сетью *Ethernet* по волоконно-оптическим каналам связи. На контроллерах построена основная часть логики автоматизированных процессов, реализованной на языке *C++*.

С помощью управляющей ЭВМ реализовано взаимодействие автоматизированной системы управления СВП с оператором и согласование программ нижнего уровня. Программа на ЭВМ построена в *SCADA*-системе *MasterSCADA*.

Разработано семь автоматизированных режимов работы СВП. Разработанные режимы повышают точность соблюдения технологического процесса, упрощают работу оператора, сокращают время подготовки к работе установки «Гамма-4» и увеличивают количество рабочих включений установки в год.