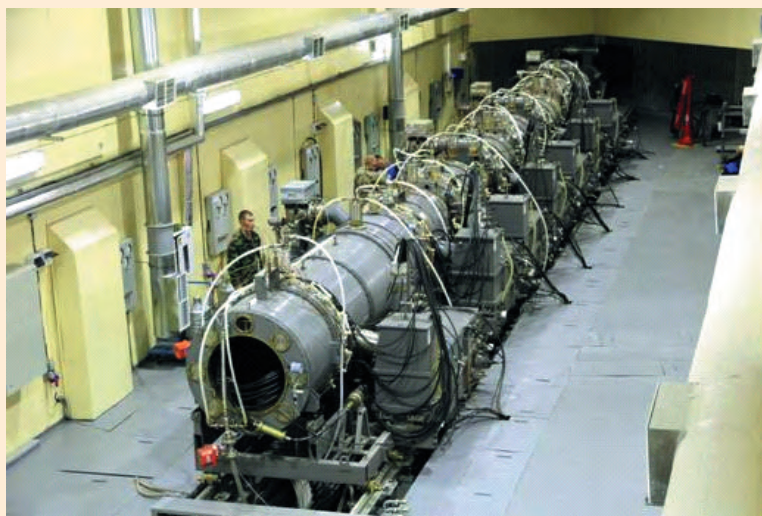


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ (ИЯРФ)

ОПЫТНАЯ ОТРАБОТКА И ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ЛИУ-Р-Т

Проведена опытная отработка и осуществлен ввод в эксплуатацию сильноточного линейного индукционного ускорителя электронов ЛИУ-Р-Т в составе многоручевого радиографического комплекса. Оптимизирован режим работы и обеспечена требуемая стабильность выходных параметров ускорителя. В номинальном режиме функционирования установки граничная энергия электронов пучка составляет ~ 12 МэВ, амплитуда импульса тока 10–15 кА, длительность импульса тока на половине максимума 55–60 нс, длительность импульса тормозного излучения на полувысоте 45–50 нс. Доза тормозного излучения на расстоянии 1 м от мишени варьируется в пределах 150–300 Р при диаметре фокусного пятна источника излучения 3–5 мм.

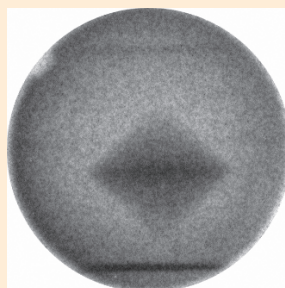
Отработан режим совместного функционирования ускорителя ЛИУ-Р-Т с бетатронами БИМ234.3000 для определения временных характеристик генерируемых рентгеновских импульсов и разброса момента срабатывания относительно запускающего импульса. Разброс срабатывания ускорителя ЛИУ-Р-Т с момента его запуска от стартового генератора пульта управления до появления импульса тормозного излучения не превышает ± 10 нс, а разброс его срабатывания относительно общего для всех установок и систем радиографического комплекса пускового импульса – не более ± 20 нс. Эксперименты по сравнению просвечивающей способности ускорителя ЛИУ-Р-Т и бета-



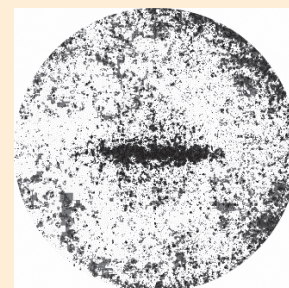
Ускоритель ЛИУ-Р-Т



Пульт управления установкой



а



б

Рентгено снимки тест-объекта с полостью типа «ромб» в шаре из сплава ВНЖ при просвечивании в одной позиции: а – ускорителем ЛИУ-Р-Т (доза 200 Р/имп. на расстоянии 1 м от мишени), б – бетатроном БИМ234.3000 (доза 20 Р/имп. на расстоянии 1 м от мишени)

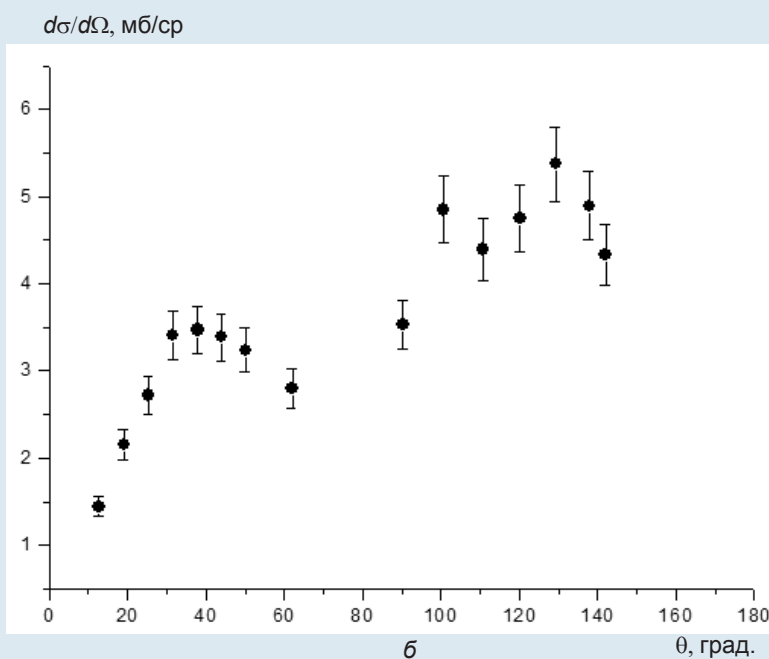
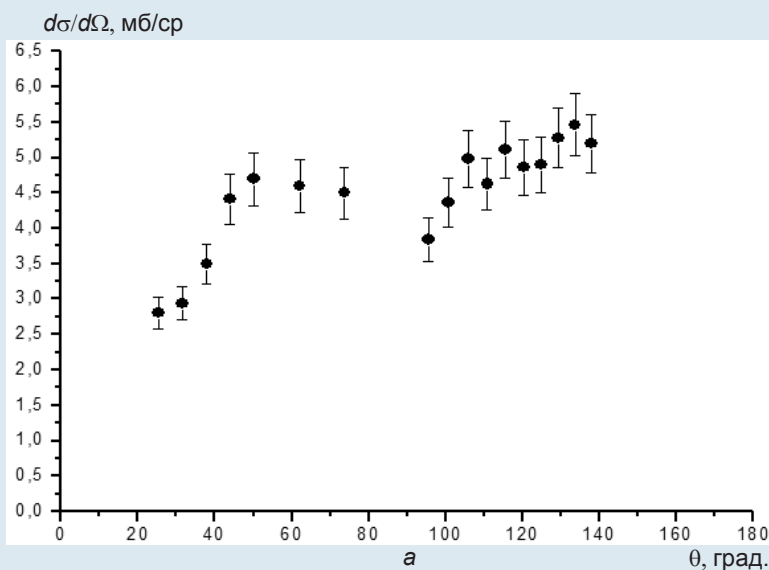
трона БИМ234.3000 продемонстрировали качественное улучшение возможностей метода импульсной рентгенографии в результате применения новой мощной рентгенографической установки.

ИЗМЕРЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРОТОНА С ЯДРОМ ${}^9\text{Be}$

На ускорителе ЭГП-10 при энергии протонов $E_p = 7, 8, 9, 10$ МэВ в интервале углов от 15 до 160° с шагом $5\text{--}10^\circ$ с помощью « ΔE - E »-детекторов выполнены измерения спектров заряженных частиц, образующихся в реакции ${}^9\text{Be} + p$. Для измерений использованы мишени из ${}^9\text{Be}$ толщиной $250\text{--}400$ мкг·см $^{-2}$ на углеродной и алюминиевой подложках. Цель измерений – получение дифференциальных (по углу) сечений образования заряженных частиц реакций ${}^9\text{Be}(p, p_0){}^9\text{Be}$, ${}^9\text{Be}(p, p_2){}^9\text{Be}^*(2,43\text{МэВ})$, ${}^9\text{Be}(p, d_0){}^8\text{Be}$, ${}^9\text{Be}(p, \alpha_0){}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}(p, \alpha_1){}^6\text{Li}^*(2,185\text{МэВ})$. Систематическая погрешность данных не превышает 8,6 %, случайная – 4–8 %. Данные по реакции ${}^9\text{Be}(p, \alpha_1){}^6\text{Li}^*(2,185\text{МэВ})$ при энергии протонов 8 и 9 МэВ получены впервые.

СОЗДАНИЕ САРОВСКОГО РЕСУРСНОГО ЦЕНТРА ПО ОБРАБОТКЕ ФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ В СОСТАВЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ CERN LHC GRID

Начиная с 1997 г. РФЯЦ-ВНИИЭФ в составе международной коллаборации в CERN ведет научно-исследовательские работы по созданию, эксплуатации и модернизации электромагнитного калориметра PHOS эксперимента ALICE. Целью эксперимента



Дифференциальные сечения реакции ${}^9\text{Be}(p, \alpha_1){}^6\text{Li}^*(2,185\text{МэВ})$ при энергии протонов 8 МэВ (а), 9 МэВ (б)

ALICE является решение одной из фундаментальных задач современной физики – получение информации о структуре, происхождении и эволюции барионной материи Вселенной.

Опыт многолетнего и успешного сотрудничества РФЯЦ-ВНИИЭФ и CERN показал, что неперенным условием участия в подобных международных проектах является создание в РФЯЦ-ВНИИЭФ распределенного информационно-вычислительного комплекса

(ИВК). Такие ИВК работают в ведущих научных центрах России: НИЦ «Курчатовский институт», ОИЯИ (г. Дубна), МГУ, НИЯУ «МИФИ», ИЯИ РАН (г. Троицк), СПбГУ. В 2012 г. РФЯЦ-ВНИИЭФ инициировал работы по созданию аналогичного ИВК – Саровского ресурсного центра по обработке уникальных физических данных, поступающих с Большого адронного коллайдера, в составе глобальной вычислительной сети CERN LHC GRID.

В 2018 г. Саровский ресурсный центр на базе СарФТИ НИЯУ «МИФИ» введен в эксплуатацию. Он обеспечивает непрерывный и бесперебойный режим работы со скоростью обмена данными не хуже 1 Тбит/с. Саровский ИБК включает 9 расчетных серверов, 4 сервера для хранения информации и 18 рабочих мест суммарной мощностью более 500 ядер и объемом дискового пространства 400 Тбайт. Саровский ИБК вошел в состав российского консорциума RDIG (Russian Data Intensive GRID) и интегрирован в крупнейшую мировую сеть распределенных компьютерных вычислений WLCG с учетом всех требований CERN. Кроме того, Саровский ресурсный центр предоставил возможность специалистам РФЯЦ-ВНИИЭФ удаленно контролировать и управлять параметрами калориметра PHOS, находящимися в зоне непосредственной ответственности РФЯЦ-ВНИИЭФ.

В 2018 г. специалисты РФЯЦ-ВНИИЭФ участвовали в 44 сменах в качестве операторов эксперимента ALICE (контроль работоспособности и управление детекторами).

На конец октября 2018 г. по результатам работ в составе сообщества ALICE ученые и специалисты РФЯЦ-ВНИИЭФ являются соавторами более 190 публикаций в европейских научно-технических журналах, имеют один из самых высоких показателей индекса Хирша в Госкорпорации «Росатом».

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ПО НАРАБОТКЕ ^{99}Mo МЕДИ- ЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

В соответствии с решениями Совета по развитию и глобализации Госкорпорации «Росатом» и НТС ЯОК во ВНИИЭФ



Телекоммуникационные шкафы
с оборудованием



Рабочее место пользователя
с оборудованием



Информационный сайт глобальной вычислительной сети CERN LHC GRID, отражающий текущие работы во входящих в сеть ИБК (на выноске – Саровский ресурсный центр: апрель–май – режим тестовой эксплуатации, с июля – работа в режиме нон-стоп)



реализуется проект «Аргус-М», целью которого является создание опытного образца производственного комплекса (ОО ПК) по наработке изотопа ^{99}Mo медицинского назначения, который включает исследовательскую ядерную установку (ИЯУ

типа «Аргус») на растворном топливе с технологической петлей для извлечения ^{99}Mo и радиохимическую лабораторию.

^{99}Mo – это короткоживущий радиоизотоп с периодом полураспада 66 ч, применяется для питания медицинской

аппаратуры – генераторов $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, широко используемых при проведении однофотонной эмиссионной компьютерной томографии.

Особенностью проекта является наработка изотопа ^{99}Mo не в мишенных устройствах, а в самом топливном растворе реактора. ИЯУ должна обеспечить производство ^{99}Mo в количестве не менее 1200 Ки в неделю в виде изотопа, осажденного на сорбционной колонке реакторного устройства, что, в свою очередь, гарантирует получение в радиохимическом производстве ОО ПК препарата радионуклида ^{99}Mo в виде азотнокислого или водного раствора молибдата натрия с производительностью не менее 250 Ки/неделю (после шестидневной калибровки в аэропорту клиента с учетом не менее суток на доставку потребителю).

После работы в течение 6 суток реактор останавливают; топливный раствор выдерживается некоторое время для охлаждения и распада короткоживущих осколков деления, после чего поступает в сорбционную установку, где прокачивается через сорбционную колонку, заполненную селективным сорбен-

том типа «Термоксид-Т5», и возвращается в активную зону, при этом на сорбенте происходит осаждение ^{99}Mo .

Широкомасштабные эксперименты показали, что технология сорбции, первоначально заложенная в проекте, имеет следующие недостатки:

- низкую эффективность выделения ^{99}Mo из топливного раствора, не обеспечивающую требуемую производительность комплекса;
- высокую активность сорбционной колонки (~8000 Ки), в связи с чем предъявляются очень жесткие требования к «горячим» камерам и транспортному контейнеру;
- большой объем образующихся жидких и твердых радиоактивных отходов.

Для устранения этих недостатков в радиохимическом отделе ИЯРФ была разработана альтернативная технология, характеризующаяся:

- существенно меньшим объемом сорбента в сорбционной колонке;
- наличием этапа дополнительной промывки колонок в сорбционной установке раствором серной кислоты;
- передачей ^{99}Mo из сорбционной установки в радиохимическую лабораторию в виде

раствора по «транспортной» трубке и т. д.

Сопутствующий ^{99}Mo йод в «транспортной» трубке улавливается специальным фильтром. Часть осколков деления поступает в радиохимическую лабораторию с десорбирующим раствором, а основная масса – после промывки сорбционной колонки кислотой в сорбционной установке. После выдержки жидкие отходы переводят в твердую форму и утилизируют. Оставшаяся на сорбционной колонке активность осколков деления после небольшой выдержки спадает до уровня, безопасного для перевозки сорбционной колонки в защитном контейнере в радиохимическую лабораторию с целью подготовки к ее повторному использованию.

Внедрение разработанной технологии не только позволит решить проблему высокоактивных продуктов деления, но и обеспечит более высокие параметры выделения ^{99}Mo по сравнению с проектной технологией.

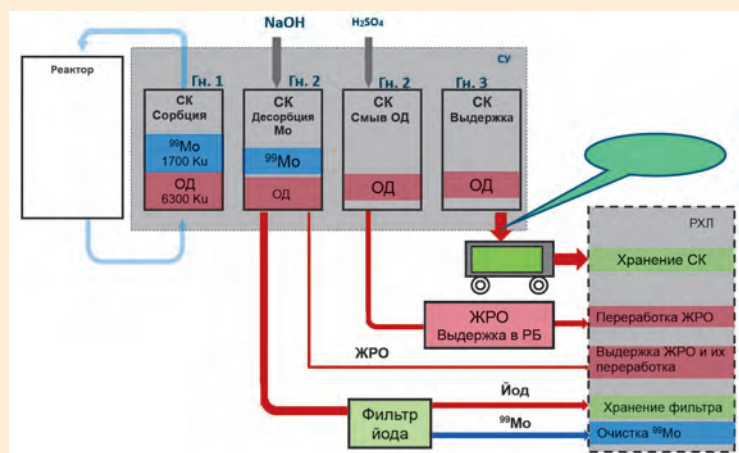


Схема радиохимической технологии наработки и выделения ^{99}Mo в ОО ПК: СК – сорбционная колонка, ОД – осколки деления, ЖРО – жидкие радиоактивные отходы, РХЛ – радиохимическая лаборатория



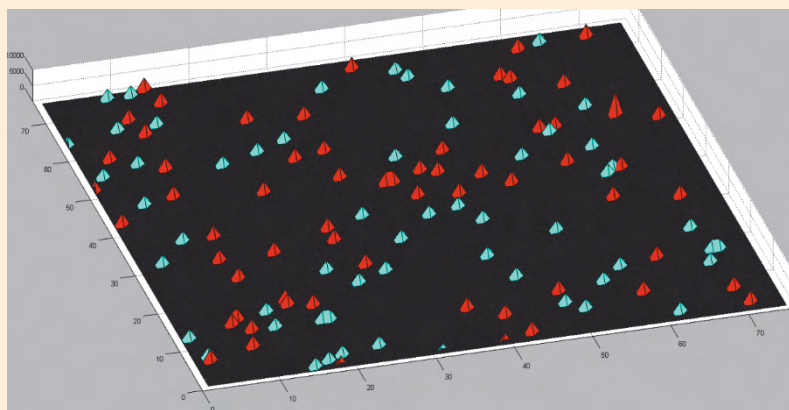
Генератор $^{99\text{m}}\text{Tc}$



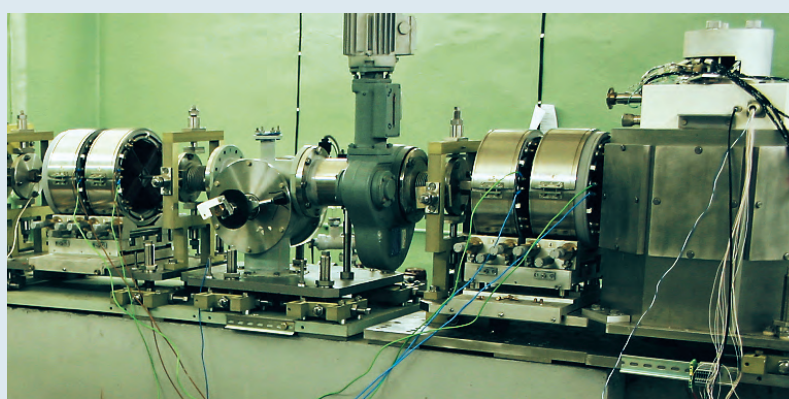
Реактор «Аргус» (макет)

ПРОБЛЕМА РАДИАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ КАТОДОВ СТРИПОВЫХ КАМЕР, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ

В ИЯРФ на установке «Микронзонд» исследованы образцы медных катодов стриповых камер, подвергнутых искусственному радиационному старению на стенде имитационного старения Петербургского института ядерной физики. В результате исследований для образцов катодов впервые были получены элементные карты с цветовым кодированием каждого присутствующего в материале соединения меди. Данные ядерно-сканирующего микрозондирования были дополнены рентгенофазовым и микроструктурным анализом. Совокупность результатов позволяет установить причину возникновения спонтанных самоподдерживающихся токов (Мальтер-эффект). Данные, полученные в ходе исследований, будут использоваться при разработке новых газовых детекторов, а также для оценки ресурса существующих катодов.



Карта поверхностного распределения соединений меди в образце катода: красный цвет – Cu_2O ; черный цвет – CuO , бирюзовый цвет – Cu



Установка «Микронзонд»

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (НИИИС) им. Ю. Е. Седакова

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ ДЛЯ СВЧ- И КВЧ-ПРИБОРОВ

Разработано радиопоглощающее покрытие РПП-У с коэффициентом отражения менее 10 % (коэффициент поглощения более 90 %) в диапазоне частот 4–10 ГГц и 20–60 % (коэффициент поглощения 40–80 %) в диапазоне частот 1–4 ГГц. Радиопоглощающее

покрытие представляет собой композиционный материал на основе эпоксидной смолы, наполненной углеродными нанотрубками, который возможно наносить кистью на поверхности толщиной до 1 мм (послойно). Диапазон рабочих температур РПП – от –60 до 125 °С. Коэффициент отражения РПП-У остается в указанных пределах после воздействия климатических факторов, имитирующих 18-летнее складское хранение и трехлетнее хранение под нагрузкой.

Разработанное покрытие предназначено для нанесения на металлические поверхности с целью снижения уровня отражения падающего электромагнитного излучения.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ БЕСПИЛОТНЫХ ВЕРТОЛЕТОВ «ГОРИЗОНТ ЭЙР S-100»

Измерительный комплекс состоит из беспилотного вертолета «Горизонт ЭЙР S-100»