

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ (ИЯРФ)

РАБОТЫ В ЦЕРН

Уже более 20 лет РФЯЦ-ВНИИЭФ в составе международной коллаборации в ЦЕРН проводит научно-исследовательские работы по созданию, эксплуатации и модернизации электромагнитного калориметра PHOS эксперимента ALICE. Цель эксперимента – решение одной из фундаментальных задач современной физики: информация о структуре, происхождении и эволюции барионной материи Вселенной.

В декабре 2018 г. Большой адронный коллайдер со всеми его детекторными системами был остановлен до декабря 2020 г. для проведения сервисных работ.

Специалистами РФЯЦ-ВНИИЭФ совместно с коллегами в 2019 г. в сжатые сроки (март–декабрь) завершен важный этап работ в рамках подготовки калориметра PHOS к дальнейшей эксплуатации в период до 2025 г. На этом этапе были выведены из эксплуатации четыре модуля калориметра PHOS и извлечены из шахты эксперимента ALICE (впервые с момента установки в 2009 г.), выполнен полный цикл работ по их сервисному обслуживанию. Специалисты РФЯЦ-ВНИИЭФ обеспечили проведение комплексных работ с электроникой «теплого» объема модулей, в результате чего общее количество каналов детектирования калориметра увеличилось почти в 1,5 раза. В ноябре все модули были установлены на место эксплуатации, подключены к системам жизнеобеспечения и подготовлены к тестовым испытаниям, которые начнутся в 2020 г.

2019-й год стал первым полноценным годом бесперебойной работы созданного в конце

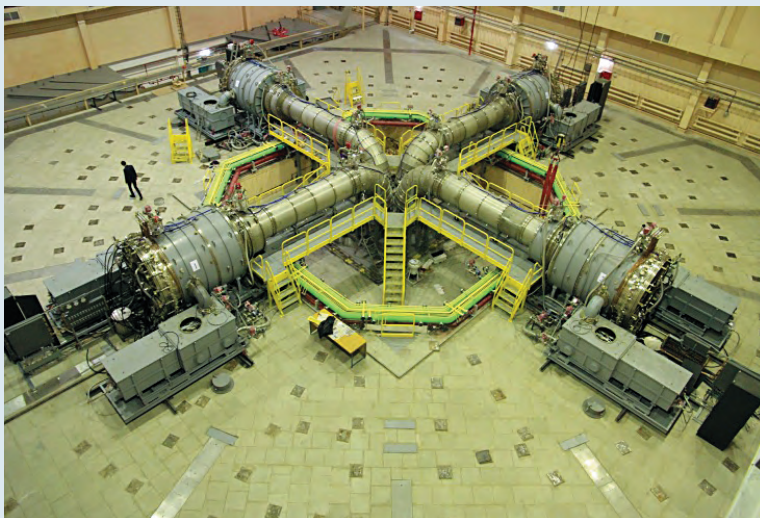


Установка модуля M1 внутрь магнита L3

2018 г. Саровского ресурсного центра на базе СарФТИ НИЯУ «МИФИ». Ресурсный центр обеспечивает непрерывный круглосуточный режим работы со скоростью обмена данными не хуже 1 Тбит/с, входит в состав российского консорциума RDIG (Russian Data Intensive GRID) и интегрирован в крупнейшую мировую сеть распределенных компьютерных вычислений WLCG с учетом всех требований ЦЕРН.

ОТРАБОТКА РЕЖИМОВ НА УСТАНОВКЕ «ГАММА-4»

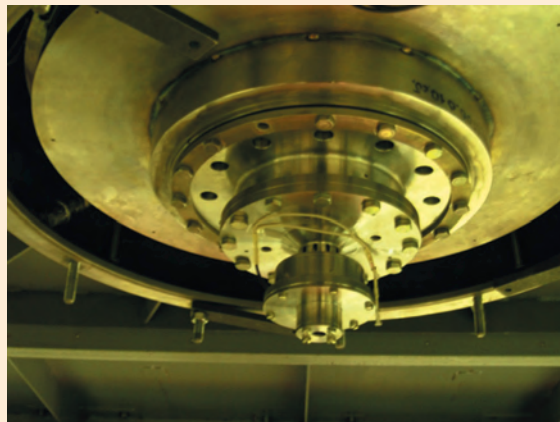
Для проведения исследований в области радиационной физики в РФЯЦ-ВНИИЭФ создается многомодульная мультитераваттная установка «Гамма», предназначенная для генерирования мощных импульсов тормозного (с повышенным содержанием мягкой компоненты) и мягкого рентгеновского



Установка «Гамма-4»



Макет ударно-волновой нагрузки с медными электродами



Лайнерная нагрузка



Медный электрод после разрушения

излучений. Первой очередью установки «Гамма» является четырехмодульная установка «Гамма-4» (2 МВ, 3 МА, 60 нс).

В 2019 г. совместно с сотрудниками НИО 07 и НПЦФ на электрофизической установке «Гамма-4» были проведены первые включения с лайнерной нагрузкой, предназначенной для генерации мощных импульсов мягкого рентгеновского излучения (МРИ). Лайнер представляет собой цилиндр диаметром 15 мм из 20 вольфрамовых проволоочек диаметром 6 мкм. Рабочие включения проводились при пониженном зарядном напряжении формирующих линий четырех типовых модулей установки. Длительность импульса МРИ составила ~35 нс, общая энергия МРИ в импульсе ~5 кДж.

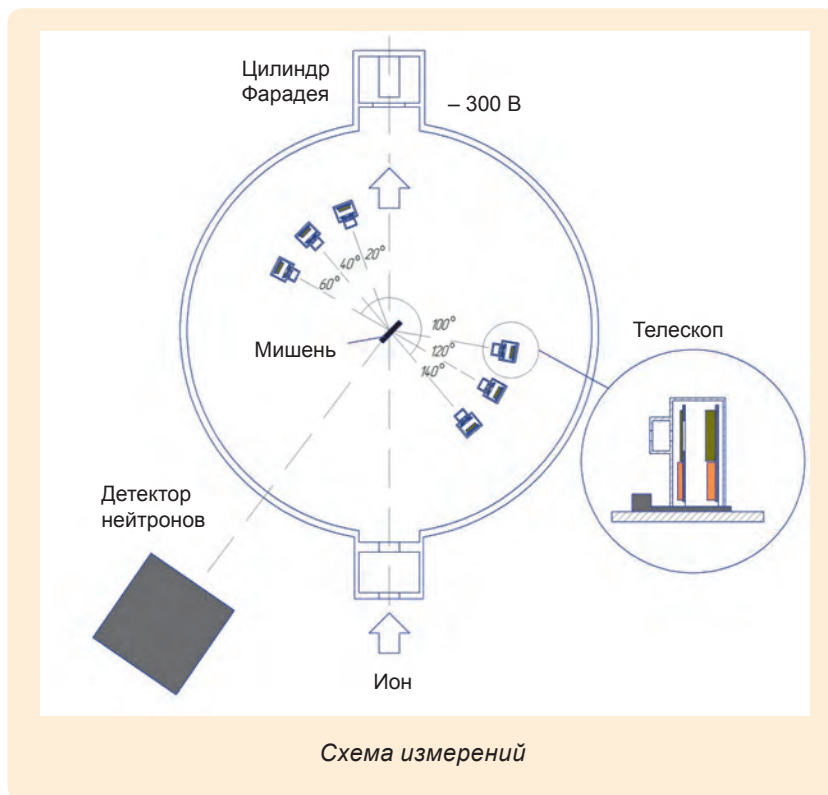
Совместно с сотрудниками ИЛФИ на установке «Гамма-4» проведена экспериментальная отработка макета ударно-волновой нагрузки, предназначенной для создания давлений до 50–100 ГПа в различных материалах. Экспериментальная отработка проводилась с медными и алюминиевыми образцами толщиной 2 и 1 мм соответственно. При минимальном зарядном напряжении формирующих линий четырех типовых модулей установки была измерена скорость образцов – ~300 и ~600 м/с, что соответствует давлению ~4,5–5 ГПа. Достаточно простая конструкция разрушаемой части макета ударно-волновой нагрузки позволяет ежегодно проводить в лабораторных условиях 50–100 экспериментов.

ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

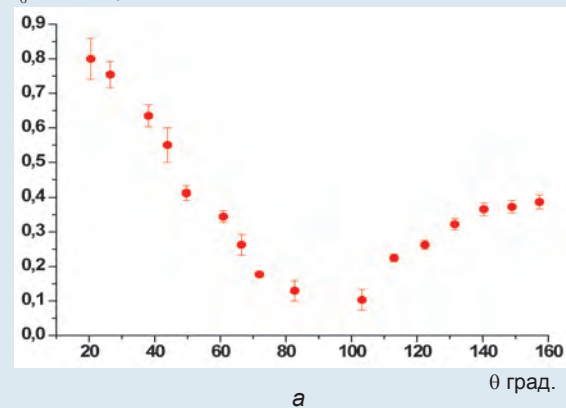
Ядерные реакции на литии, бериллии и боре до сих пор представляют значительный научный и практический интерес. Для развития библиотеки ядерных данных SABA на перезарядном ускорителе ЭГП-10 при энергии тритонов 7–10 МэВ выполнены измерения дифференциальных (по углу) сечений образования заряженных частиц в реакции ${}^9\text{Be} + t$. Использовались самоподдерживающаяся мишень бериллия толщиной 420 мкг/см² и слой бериллия 25 мкг/см² на алюминиевой подложке. Регистрация заряженных частиц (p, d, t, ${}^4\text{He}$) осуществлялась кремниевыми детекторами с разделением

их вида методом $\Delta E \cdot E$. Для изменения углов регистрации детекторы располагались на подвижной платформе с шагом вращения $0,1^\circ$.

Впервые получены дифференциальные сечения реакций ${}^9\text{Be}(t, p_0){}^{11}\text{Be}$, ${}^9\text{Be}(t, p_1){}^{11}\text{Be}^*$ (0,320 МэВ), ${}^9\text{Be}(t, p_2){}^{11}\text{Be}^*$ (1,778 МэВ), ${}^9\text{Be}(t, p_3){}^{11}\text{Be}^*$ (2,69 МэВ), ${}^9\text{Be}(t, p_{5+6}){}^{11}\text{Be}^*$ (3,887 + 3,956 МэВ), ${}^9\text{Be}(t, d_0){}^{10}\text{Be}$, ${}^9\text{Be}(t, d_1){}^{10}\text{Be}^*$ (3,368 МэВ), ${}^9\text{Be}(t, t_0){}^9\text{Be}$, ${}^9\text{Be}(t, t_2){}^9\text{Be}^*$ (2,49 МэВ), ${}^9\text{Be}(t, \alpha_0){}^8\text{Li}$, ${}^9\text{Be}(t, \alpha_1){}^8\text{Li}^*$ (0,981 МэВ), ${}^9\text{Be}(t, \alpha_2){}^8\text{Li}$ (2,255 МэВ). Дифференциальные сечения реакций, представляющих интерес для фундаментальных исследований по теории ядерных реакций и свойствам нейтронно-избыточных ядер, показаны на рисунке. В этих реакциях после передачи двух нейтронов из радиоактивного ядра трития ядру

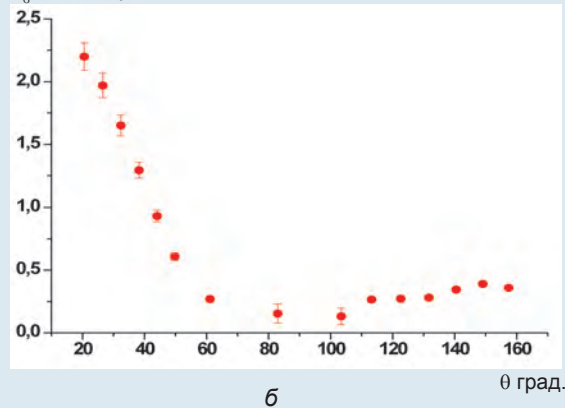


$d_\sigma/d\Omega$, мб/ср



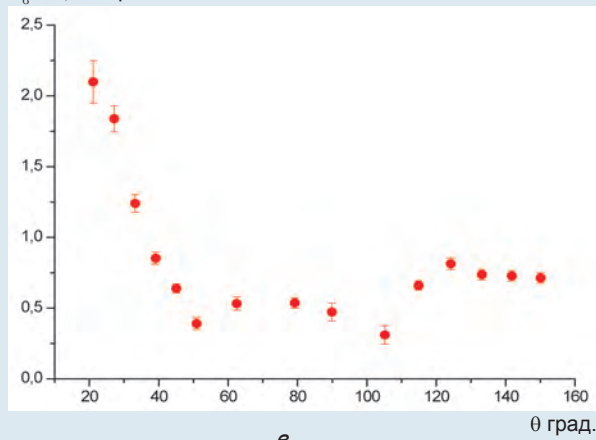
а

$d_\sigma/d\Omega$, мб/ср



б

$d_\sigma/d\Omega$, мб/ср



в

Дифференциальные сечения (в системе центра масс) реакций ${}^9\text{Be}(t, p_0){}^{11}\text{Be}$ (а), ${}^9\text{Be}(t, p_1){}^{11}\text{Be}^*$ (0,320 МэВ) (б), ${}^9\text{Be}(t, p_2){}^{11}\text{Be}^*$ (1,778 МэВ) (в) при энергии тритонов 10 МэВ

${}^9\text{Be}$ образуется также радиоактивное нейтронно-избыточное ядро ${}^{11}\text{Be}$ в основном или возбужденных состояниях.

По теоретическому направлению исследований выполнен оптико-модельный анализ всех доступных мировых экспериментальных данных (дифференциальных сечений, поляризации) по упругому рассеянию

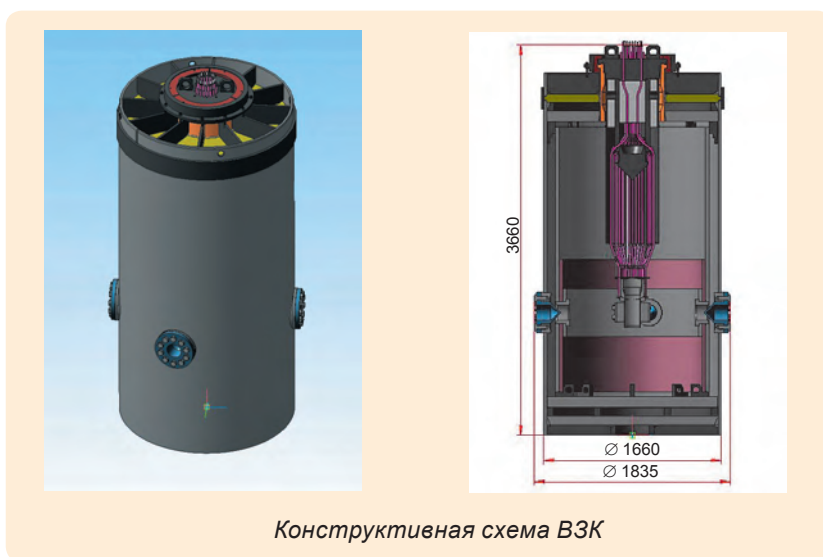
протонов на ядрах ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, а также полных сечений реакций. Применялся код OptModel, где когерентно учтена амплитуда резонансной составляющей упругого рассеяния. Энергетический интервал анализа простирался от астрофизических энергий (50 кэВ) до 70 МэВ. Нарушение унитарности матрицы рассеяния находилось

на уровне 7–10 %. Получена энергетическая зависимость параметров оптических потенциалов и информация о полноте имеющихся парциальных сечений реакций ${}^6\text{Li} + p$, ${}^7\text{Li} + p$, ${}^9\text{Be} + p$. Такие исследования проведены впервые.

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР ФИЗИКИ (НПЦФ)

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ВЗРЫВОЗАЩИТНОЙ КАМЕРЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗОЭНТРОПИЧЕСКОГО СЖАТИЯ ВЕЩЕСТВ

Одно из важнейших направлений работ РЯЦ-ВНИИЭФ – эксперименты для калибровки расчетных методик и исследования свойств веществ и конструкционных материалов в экстремальных состояниях, определения параметров, характеризующих физические процессы, протекающие при мегабарных давлениях и высоких температурах. Однако по требованиям техники безопасности и охраны окружающей среды проводить взрывные эксперименты с вредными веществами необходимо во взрывозащитных камерах (ВЗК). В настоящее время во ВНИИЭФ разработана конструкция макета взрывозащитной камеры, предназначенной для проведения экспериментов с устройством изоэнтропического сжатия на основе магнитокумулятивного генератора МК-1 с применением рентгенографической методики регистрации размеров сжимаемых образцов. В 2019 г. проведены успешные испытания макета ВЗК. Камера



Конструктивная схема ВЗК

состоит из следующих основных элементов: корпуса, узла нагружения, внутренней обечайки, металлического каркаса, канала ввода-вывода излучения, демпферной плиты. Корпус представляет собой трубу с наружным диаметром 1660 мм и толщиной около 28 мм, к торцам которой приварены герметичными швами верхнее и нижнее днища. В центре верхнего днища приварена горловина, служащая для установки и крепления узла нагружения. Узел нагружения предназначен для крепления и фиксации генератора МК-1 и герметизации подводимых к нему измерительных линий, кабелей питания и подрыва. Канал ввода-вывода излучений

образован четырьмя защитными конусами из сплава VST-2 с внутренним диаметром 145 мм и толщиной стенки вдоль оси конуса 15 мм, которые устанавливаются строго по осям соответствующих им каналов ввода-вывода излучений под углом 75°.

В 2019 г. проведены два успешных полномасштабных эксперимента по испытанию макета ВЗК с использованием генератора сверхсильных магнитных полей МК-1. Внутри камеры подрывался цилиндрический заряд взрывчатого вещества массой 16 кг. В результате экспериментов получена важная информация для усовершенствования конструкции ВЗК.