

УТВЕРЖДАЮ

Вице-директор ОИЯИ

“ ___ ” _____ 2020 г.

Научно-техническое обоснование на открытие новой темы и включение её в проблемно-тематический план ОИЯИ на 2021-2025 гг.

Шифр темы: 04-4-....-2021/2025
Лаборатория: ЛНФ им. И.М. Франка
Отделение: ОНИРКС
Отдел: НЭОКС ИБР-2
Направление: «Физика конденсированных сред (04)»
Наименование темы:

«Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2»

Руководители темы: С.А. Куликов, В.И. Боднарчук, В.И. Приходько

Изучаемая проблема и основная цель исследований:

Штатная эксплуатация, модернизация и развитие систем управления и контроля криогенных замедлителей КЗ-201, КЗ-202. Разработка и оснащение оборудованием создаваемых, а также модернизация и реконструкция оборудования существующих спектрометров реактора ИБР-2 с целью улучшения их параметров, расширения экспериментальных возможностей и обеспечения бесперебойной работы. Научно-методическое обеспечение развития систем формирования пучка, нейтронных детекторов, систем окружения образца, криостатов и криомагнитных систем, а также электроники и программного обеспечения систем сбора данных. Развитие информационно-вычислительной инфраструктуры ЛНФ.

Краткая аннотация:

В 2015/20 гг. по всем направлениям методических исследований и разработок завершаемой темы **«Развитие экспериментальной базы для проведения исследований конденсированных сред на пучках ИЯУ ИБР-2»** (холодные замедлители; расчеты и

моделирование спектрометров; криогенные исследования; детекторы и электроника; системы контроля и управления исполнительными механизмами, оборудованием окружения образца и прерывателями пучков нейтронов; локальная вычислительная сеть и программное обеспечение) получены важные результаты, имеющие ключевое значение для успешной реализации программы развития комплекса спектрометров ИЯУ ИБР-2 и проведения исследований конденсированных сред. Все эти **актуальные** направления были включены в Семилетний план развития ОИЯИ на 2017-2023 годы. Среди завершенных, в первую очередь, можно отметить следующие работы:

- Создана система управления и контроля криогенного замедлителя КЗ-201, который подготовлен к вводу в опытную эксплуатацию.
- К настоящему времени криогенный замедлитель КЗ-202 безотказно проработал на физический эксперимент около 4000 часов, из них примерно 1000 часов с новой криогенной системой мощностью 1900 Вт. Одновременно со штатной эксплуатацией КЗ-202 велись работы по автоматизации запорной арматуры вакуумного оборудования и трубопроводов подвода и отвода гелия к/от камеры замедлителя, а также подготовительные работы для запуска в тестовую эксплуатацию второго холодного замедлителя КЗ-201.
- Разработаны, изготовлены и сданы в эксплуатацию оригинальные кольцевые детекторы нейтронов на спектрометрах ДН-6 и ДРВ.
- Проведена масштабная модернизация установки для радиационных исследований на 3-м канале ИБР-2 (установлен роботизированный манипулятор с аппаратурой видеонаблюдения и измерения расстояний для дистанционного управления процессами снятия/установки высокорadioактивных образцов и с локальным дозиметрическим комплексом для автоматического определения дозы во время сеансов облучения), на которой выполнено большое число совместных исследований с Лабораториями ОИЯИ, а также с Институтами стран-участниц и других стран.
- Успешно завершаются работы по проекту "**Разработка ДТМ - системы окружения образца для дифрактометра ДН-12 на ИЯУ ИБР-2**", который включает в себя разработку горизонтально-вертикального криостата со сверхпроводящим магнитом с полем до 4 Тесла и изменяемой температурой в диапазоне 4-300К.
- В 2018 г. завершены работы по созданию в корпусе 119 чистого производственного помещения для сборки нейтронных детекторов и ведутся работы по его оснащению технологическим оборудованием.
- Успешно выполняются работы по проекту **«Разработка широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР) для дифрактометра ФДВР»**, ожидаемыми результатами которого являются разработка технического проекта, технологии изготовления элементов детектора и решение проблемы фокусировки нейтронов, а также создание одного сектора детектора (из двенадцати) вместе с электроникой и программным обеспечением.
- Для спектрометра НЕРА разработана, изготовлена и введена в эксплуатацию новая детекторная система и выполнена модернизация шахтного криостата.
- Изготовлен и введен в эксплуатацию на ФДВР двухкоординатный газовый ПЧД с размерами 200x200 мм².
- Для дифрактометра ДН-6 создан и введен в эксплуатацию новый кольцевой детектор, предназначенный для регистрации спектров нейтронов при угле рассеяния 45°.
- Проводится модернизация локальной сети ЛНФ для обеспечения работы на скорости 100 Гб/сек; в основных зданиях Лаборатории создана беспроводная локальная сеть Wi-Fi.

- Выполнен большой объём работ по сопровождению и развитию комплекса Sonix+, в том числе, по запросам пользователей.

По ряду других направлений имеются серьезные научно-технические заделы, полученные за четыре года семилетки, поэтому предлагается открыть новую тему **«Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2»** на период 2021-2025 гг., а также открыть в рамках темы новый проект **«Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния ДОР дифрактометра ФДВР»**, выполнение которого в полном объеме позволит на дифрактометре ФДВР более чем в 10 раз увеличить телесный угол по сравнению с используемым в настоящее время детектором. Отчеты по теме 1122 были представлены на 46-й и 52-й сессиях ПКК по физике конденсированных сред и одобрены.

Проведение исследований конденсированных сред на современном уровне характеризуется постоянным совершенствованием методики измерений, ростом числа управляемых и контролируемых параметров, увеличением количества и усложнением используемых в эксперименте детекторов и систем окружения образца, повышением требований к точности и быстродействию регистрирующей аппаратуры, необходимостью обеспечения удаленного управления подсистемами спектрометра и экспериментом в целом, и требует постоянного развития, как самих спектрометров, так и исследовательской ядерной установки ИБР-2, в частности, комплекса холодных замедлителей.

Пользовательский режим работы спектрометров ИБР-2 выдвигает дополнительные требования к оборудованию спектрометров, системам управления и контроля, а также к системам сбора данных: простота освоения и работы, удобный графический интерфейс, интернет-доступ к результатам измерений и др.

Удовлетворение всех перечисленных требований было главной целью работ по завершаемой в 2020 г. теме и остается таковой для коллектива отдела НЭОКС ИБР-2 при работе в рамках новой темы. Сотрудники отдела имеют высокую квалификацию и большой опыт международного сотрудничества. Предстоящие работы являются естественным продолжением работ, выполненных в 2015-2020 гг.

В настоящее время в отделе работают 64 человека (в том числе 6 совместителей), в числе которых 2 доктора и 7 кандидатов наук, средний возраст сотрудников – 47 лет. За время выполнения темы 1122 были защищены 1 докторская и 1 кандидатская диссертации (1 кандидатская диссертация подготовлена к защите). В отделе работают два аспиранта (МФТИ и Международного университета Дубна), ежегодно несколько студентов проходят производственную практику и выполняют дипломные работы. Проведено 5 молодежных Международных Школ по электронике и автоматике экспериментальных установок.

За время выполнения работ по теме опубликовано 75 работ и представлено около 60 докладов на Международных и Российских конференциях. Три цикла работ, выполненных по теме, удостоены премий на конкурсах научных работ ОИЯИ (2 вторых премии и 1 поощрительная). Сотрудниками отдела получено 3 патента и 4 Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

В последние годы значительно улучшилась инфраструктура отдела: рабочие места инженеров и программистов оснащены современными высокопроизводительными компьютерами и контрольно-измерительными приборами; в корпусе установлено оборудование беспроводной локальной сети Wi-Fi; практически полностью обновлен станочный парк экспресс-мастерских отдела.

На 52-й сессии ПКК по физике конденсированных сред были рассмотрены и одобрены детальные отчеты по теме 1122 и связанными с ней проектам ДТМ и ДОР, завершающимися в 2020 г., а также научно-техническое обоснование на открытие новой темы **«Научно-**

методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2» на период 2021-2025 гг. с первым приоритетом и предложение об открытии нового проекта **"Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния ДОР для дифрактометра ФДВР"**. Здесь мы отметим некоторые важные особенности как выполненных, так и предстоящих работ и кратко сформулируем планы на период 2021-2025 гг. по основным направлениям исследований:

- К настоящему времени наработан определенный опыт эксплуатации холодного замедлителя КЗ-202 в направлении пучков №7,8,10,11. Он является уникальным замедлителем, где замедляющее вещество состоит из твердого мезитилена (смеси мезитилена и м-ксилола) в форме шариков, а их загрузка в камеру замедлителя производится посредством циркулирующего в контуре газообразного гелия. В состав КЗ-202 входят уникальные устройства и разработки, примененные впервые (например, дозатор шариков, система подачи шариков с помощью гелия, система контроля расхода гелия, система контроля затора шариков и др.) Будут продолжены работы по автоматизации холодных замедлителей КЗ-201 и КЗ-202, а также поиск путей увеличения длительности работы шарикового холодного замедлителя на физический эксперимент.

Установка всего комплекса криогенных замедлителей к реактору ИБР-2 позволит существенно сократить время проведения широкого круга экспериментов за счет повышенного выхода холодных нейтронов с поверхности замедлителя, сохранить и укрепить в ближайшей перспективе лидирующее положение ИЯУ ИБР-2 среди нейтронных источников в области физики конденсированных сред.

- В экспериментах на ИЯУ ИБР-2 широко используется специальное оборудование для создания определенных условий на образце, например, температуры, давления, магнитного или электрического поля и т.п., а также для перемещения и пространственной ориентации образца, а также для смены образцов. В рамках работ по теме 1122 достигнут значительный прогресс в обеспечении спектрометров ИБР-2 таким оборудованием и его стандартизации, а также в унификации систем управления и контроля. Важной особенностью новых систем является то, что все они построены по единой схеме; системы контроля и управления выполнены в виде независимого модуля, подключенного к РС через интерфейс USB; все основные элементы системы (датчики, двигатели, контроллеры управления перемещением, температурные контроллеры и др.) и их интерфейсы унифицированы. При этом везде, где это возможно, используется промышленное оборудование.

- Сегодня системы сбора данных (ССД) на всех спектрометрах ИБР-2 состоят из 1-2 базовых электронных модулей, один из которых – De-Li-DAQ обрабатывает и накапливает данные с двухкоординатных позиционно-чувствительных детекторов (ПЧД), а другой – MPD – с массива точечных детекторов (газовые и сцинтилляционные счетчики). С точки зрения hardware базовые модули идентичны; задание всех параметров, режимов и алгоритмов работы, специфичных для конкретного спектрометра, реализовано на уровне микропрограмм, которые выполняются в программируемых логических матрицах (FPGA) соответствующего модуля. Все эти данные хранятся в общем конфигурационном файле компьютера спектрометра и записываются управляющей программой в FPGA при инициализации. Системы сбора данных системы дают возможность работать как в режиме гистограммирования, так и в режиме накопления сырых данных, что в ряде случаев (например, для фурье-дифрактометров) имеет принципиальное значение.

- Следует отметить, что технология изготовления современных электронных блоков довольно сложна и требует дорогостоящего оборудования, которое окупается только при серийном производстве. Поэтому сейчас освоены появившиеся на рынке многоканальные диджитайзеры и изучается возможность их использования в ССД на спектрометрах ИБР-2 для сбора данных, что является одной из задач новой темы. Целью работ по этому направлению является достижение гармоничного сочетания измерительной и вычислительной техники.

В заключение несколько слов о **конкурентоспособности** работ по новой теме. Работы по криогенным замедлителям являются пионерскими и, конечно, находятся вне конкуренции. Разработки криостатов и детекторных систем с электроникой и программным обеспечением соответствуют мировому уровню, об этом свидетельствуют выигранные тендеры на их поставку в ИЯФ (Ржеж, Чехия), а также их использование в НИИЯС (Тэджон, Республика Корея); HZB, Берлин, ФРГ и в нескольких организациях РФ.

Этапы работ на 2021-2025 гг.:

Основными задачами темы являются развитие совместно с отделом НЭО НИКС нейтронных методов исследования конденсированных сред, а также улучшение технических характеристик и расширение экспериментальных возможностей действующих и вновь создаваемых спектрометров реактора ИБР-2 в соответствии с семилетним планом развития ОИЯИ. На совместном заседании НТС отделов НЭО НИКС и НЭО КС 11 февраля 2020 г. были обсуждены итоги выполнения работ по темам 1121 (НЭО НИКС) и 1122 (НЭО КС) и намечены перспективы развития комплекса спектрометров ИБР-2 на ближайшие годы. На этом заседании было объявлено о планах создания трех новых установок: станция нейтронной радиографии и томографии на канале 10а; установка малоуглового рассеяния нейтронов SANSARA также на 10а канале и спектрометр неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии на 2 канале. Сообщалось также об общих планах развития практически всех спектрометров ИБР-2. В рамках открываемой темы предстоит провести научно-методические работы по:

- созданию и развитию комплекса холодных замедлителей;
- детекторным и криомагнитным системам;
- аналоговой электронике и электронике сбора и накопления данных;
- системам контроля и управления исполнительными механизмами;
- оборудованию окружения образца и прерывателям спектрометров;
- программному обеспечению;
- информационно-вычислительной инфраструктуре;
- исследованию радиационной стойкости материалов;
- расчетам и моделированию спектрометров.

1. Холодные замедлители; изучение радиационной стойкости материалов:

Ответственные — Куликов С.А., Булавин М.В., основные исполнители — Булавин М.В. + 5 инженеров, Кирилов А.С. + 1 инженер, Алтынов А.В. + 2 инженера, Мухин К.А.

1.1 Штатная эксплуатация комплекса криогенных шариковых замедлителей КЗ201 и КЗ202 на физический эксперимент при различных температурных режимах в зависимости от потребности пользователей реактора ИБР-2. Автоматизация вакуумной системы и системы подачи гелия в пневмотранспортный трубопровод, а также модернизация программного обеспечения систем управления и контроля замедлителей КЗ-201 и КЗ-202. Пуск и наладка нового дозирующего устройства с увеличенным объемом на испытательном стенде КЗ-201 и криогенном замедлителе КЗ-201. Тестирование работоспособности нового дозирующего устройства, определение времени загрузки камеры замедлителя КЗ-201 с его помощью.

1.2. Изучение в сотрудничестве с лабораториями ОИЯИ, а также с институтами стран-участниц и других стран, радиационной стойкости материалов на установке для радиационных исследований. Проведение нейтронно-активационного анализа облученных образцов при помощи спектрометров на основе сверхчистого германия.

2. Расчеты и моделирование спектрометров:

Ответственный — Боднарчук В.И, основные исполнители 2 чел.

2.1. Развитие и применение программного комплекса VITESS и других пакетов программ для моделирования нейтронного рассеяния в образцах и в отдельных компонентах спектрометров. Комплексный расчет и оптимизация спектрометров.

2.2. Методические работы по исследованию фоновой обстановки на спектрометрах ИБР-2. Определение источников нейтронного фона, его уровня и влияния на результаты экспериментов. На основе результатов измерений и модельных расчетов выработка рекомендаций по уменьшению уровня фона на конкретных спектрометрах реактора ИБР-2, а также будущего источника нейтронов ОИЯИ.

3. Криогеника:

Ответственный — Черников А.Н., основные исполнители — Кичанов С.Е., Буздавин А.П.+1 инженер.

3.1. Эксплуатация и развитие горизонтально-вертикального криостата со сверхпроводящим магнитом.

3.2. Разработка, модернизация и внедрение нового, а также ремонт и поддержка существующего криогенного и вакуумного оборудования на спектрометрах ИБР-2 по заявкам пользователей.

3.3. Развитие существующего криогенного стенда для работы с жидким гелием и его адаптация для получения чистого гелия-3 высокого давления для заполнения газовых детекторов нейтронов.

4. Детекторы и электроника:

Ответственные — Чураков А.В., Круглов В.В., Богдзель А.А, Кирилов А.С. основные исполнители — Милков В.М.+ 3 инженера, Дроздов В.А. + 3 инженера, Журавлев В.В.+ 2 инженера, Мурашкевич С.М. +1 инженер, Симкин В.Г.

4.1. Выполнение работ в соответствии с планом-графиком нового проекта «**Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР) для дифрактометра ФДВР**»:

- изготовление 11 секторов детектора (по 4 сектора в год);
- установка и тестирование секторов детектора ДОР на штатных позициях на ФДВР;
- монтаж и наладка электроники и программного обеспечения для сбора и накопления данных с детектора ДОР на основе блоков MPD32-USB3 на дифрактометре ФДВР;
- ввод в эксплуатацию детектора ДОР.

4.2. Разработка 2Д позиционно-чувствительной детекторной системы с центральным отверстием для прохода прямого пучка для спектрометра РЕМУР.

4.3. Исследование конвертеров нейтронов на основе соединений бора.

4.4. Расчет, моделирование, создание и исследование характеристик позиционно-чувствительных счетчиков с резистивной нитью длиной до 1м и детекторных модулей на их основе; разработка детекторной электроники для этих ПЧД.

4.5. Разработка двухкоординатного сцинтилляционного детектора большой площади ($\sim 1\text{м}^2$) для малоугловых экспериментов. Изготовление и исследование прототипа детектора.

4.6. Изготовление и наладка новых блоков сбора и накопления данных MPD32-USB3 и De-Li-DAQ_2 и модернизация на их основе электроники всех детекторных систем спектрометров реактора ИБР-2.

4.7. Разработка и оснащение спектрометров 2Д ПЧД - мониторами пучков.

4.8. Обеспечение текущей эксплуатации детекторных систем спектрометров реактора ИБР-2.

5. Системы контроля и управления исполнительными механизмами, оборудованием окружения образца и прерывателями спектрометров:

Ответственные — Алтынов А.В., Кирилов А.С., основные исполнители: Черников А.Н. + 1 инженер, Журавлев В.В. + 3 инженера, Зернин Н. Д. +1 инженер, Петухова Т.Б. +1 инженер

5.1. Развитие систем управления исполнительными механизмами:

- модернизация исполнительных механизмов на спектрометрах;
- ввод в состав спектрометров новых механизмов по заявкам пользователей, в том числе внедрение роботов-манипуляторов в системы управления спектрометров и оснащение спектрометров системами видеонаблюдения.

5.2. Совершенствование систем контроля физической установки и систем регулирования температуры:

- ввод в эксплуатацию новых измерительных устройств и контроллеров по заявкам ответственных за установки;
- автоматизация системы управления вакуумом на 7 канале (спектрометры НЕРА, СКАТ);
- автоматизация системы управления источником тока для вертикально-горизонтального криостата;
- унификация усилителей, используемых в системах регулирования температур.

5.3. Модернизация систем контроля и управления прерывателями на 10 и 11 каналах.

5.4. Внедрение программируемых логических контроллеров в системы автоматизации.

6. Программное обеспечение и локальная вычислительная сеть:

Ответственные — Кирилов А.С., Приходько В.И., основные исполнители: — Сухомлинов Г.А. + 2 инженера, Кирилов А.С. + 4 инженера, Долбилов А.Г. + 2 инженера.

Сопровождение и развитие комплекса Sonix+ и внедрение его новых версий на спектрометрах реактора ИБР-2.

Развитие центральных серверов и сетевой инфраструктуры ЛНФ в соответствии со стратегией развития вычислительной сети ОИЯИ.

Модернизация почтовой системы Лаборатории и сети Wi-Fi. Поэтапная замена сетевых коммутаторов нижнего уровня на управляемые коммутаторы. Создание системы мониторинга локальной сети Лаборатории.

В 2021-2025 гг. продолжатся совместные с НЭО НИКС работы по созданию новых спектрометров и текущей модернизации действующих установок. Эти работы будут выполняться как по ранее согласованным планам, так и по техническим заданиям физических групп.

Ожидаемые результаты по завершении темы:

1. Поддержка и текущая модернизация холодных замедлителей нейтронов КЗ-202 и КЗ-201 с системами управления и контроля. Проведение экспериментов по исследованию материалов для холодных замедлителей.
2. Развитие и применение программного комплекса VITESS и других пакетов программ для моделирования нейтронного рассеяния в образцах и в отдельных компонентах спектрометров. Комплексный расчет и оптимизация спектрометров. Исследование фоновых условий на спектрометрах ИБР-2, выработка рекомендаций по уменьшению уровня фона.

3. Развитие горизонтально – вертикального криостата со сверхпроводящим магнитом. Модернизация криогенного стенда для работы с жидким гелием. Разработка и модернизация криостатов на спектрометрах ИБР-2.
4. Завершение работ по созданию детектора обратного рассеяния. Ввод детектора в эксплуатацию на дифрактометре ФДВР. Ввод в эксплуатацию модернизированного детектора АСТРА-М на ФСД.
5. Разработка и исследование прототипов позиционно-чувствительных детекторных систем на основе счетчиков с резистивной нитью длиной до 1м и сцинтилляционных ПЧД большой площади ($\sim 1\text{м}^2$). Разработка и изготовление 2Д ПЧД с центральным отверстием для прохода прямого пучка для спектрометра РЕМУР. Исследование конверторов нейтронов на основе соединений бора. Разработка и оснащение спектрометров мониторами пучков.
6. Внедрение программируемых логических контроллеров (ПЛК) в системы контроля и управления исполнительными механизмами, оборудованием окружения образца и прерывателями спектрометров. Установка дополнительного оборудования на спектрометры по заявкам пользователей, разработка систем управления и интерфейсов.
7. Исследование радиационной стойкости материалов и электронных компонентов на облучательной установке 3-го канала ИБР-2.
8. Совершенствование программного обеспечения спектрометров ИЯУ ИБР-2. Сопровождение и развитие комплекса Sonix+ и внедрение его новых версий на спектрометрах реактора ИБР-2. Модернизация почтовой системы ЛНФ и сети Wi-Fi. Развитие сетевой и вычислительной инфраструктуры ЛНФ в соответствии с потребностями Лаборатории и стратегией развития вычислительной сети ОИЯИ. Поэтапная замена коммутаторов нижнего уровня на управляемые коммутаторы.

Ожидаемые результаты по этапам темы или проектам в текущем году:

1. Обеспечение штатной эксплуатации комплекса криогенных шариковых замедлителей КЗ-201 и КЗ-202 на физический эксперимент. Автоматизация вакуумной системы и системы подачи гелия в пневмотранспортный трубопровод криогенного замедлителя КЗ-202, модернизация программного комплекса управления и контроля систем замедлителя КЗ-202.
2. Изучение радиационной стойкости материалов на установке для радиационных исследований. Проведение нейтронно-активационного анализа облученных образцов при помощи спектрометра на основе сверхчистого германия.
3. Комплексный расчет и оптимизация спектрометров. Методические работы по исследованию фоновой обстановки на спектрометрах реактора ИБР-2. Определение источников нейтронного фона, его уровня и влияния на результаты экспериментов.
4. Эксплуатация и развитие горизонтально-вертикального криостата со сверхпроводящим магнитом. Развитие существующего криогенного стенда для работы с жидким гелием и его адаптация для получения чистого гелия-3 высокого давления для заполнения газовых детекторов нейтронов. Модернизация криостатов на пучках нейтронов (по заявкам ответственных за установки).
5. Изготовление, установка на штатное место и тестирование 4-х секторов детектора ДОР на дифрактометре ФДВР (работы по проекту ДОР). Исследование прототипа двухкоординатного сцинтилляционного детектора большой площади ($\sim 1\text{м}^2$) для малоугловых экспериментов.
6. Оснащение монитором спектрометра РЕФЛЕКС (9-й пучок ИБР-2).
7. Изготовление элементов детекторной системы для спектрометра РЕМУР. Первый этап сборки детекторной системы.

8. Исследование твердотельных конвертеров нейтронов на основе соединений бора.
9. Расчет и моделирование позиционно-чувствительных счетчиков с резистивной нитью длиной до 1 м, разработка комплекса детекторной электроники.
10. Освоение программируемых логических контроллеров с целью их применения в системах автоматизации управления исполнительными механизмами, прерывателями и источниками тока; создание стенда ПЛК и подготовка предложений по внедрению ПЛК на спектрометрах реактора ИБР-2. Разработка технического задания на программное обеспечение и пользовательский интерфейс ПЛК.
11. Сопровождение и развитие комплекса Sonix+ по запросам пользователей и в целях совершенствования внутренней структуры. Модернизация комплекса на действующих спектрометрах и его установка на новые спектрометры реактора ИБР-2.
12. Модернизация почтовой системы ЛНФ. Развитие сети Wi-Fi в корпусах ЛНФ. Создание серверного сегмента сети с быстродействием 10 Гбит/сек.

Проекты по теме:

Название проекта	Руководитель проекта	Приоритет проекта (сроки реализации)
Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР) для дифрактометра ФДВР	Круглов В.В.	1 (2021-2023)

Основные этапы темы:

Этап темы или эксперимент Лаборатория или другие подразделения ОИЯИ	Руководители Основные исполнители	Статус проекта или эксперимента
1. Обеспечение штатной эксплуатации и развитие комплекса криогенных шариковых замедлителей КЗ-201 и КЗ-202. Дальнейшая автоматизация систем управления и контроля замедлителей.	Куликов С.А. Булавин М.В.	Реализация

2. Изучение радиационной стойкости материалов, электроники и детекторов для крупных физических установок: ANLAS, CMS, NICA, ITER, ESS и др.; прикладные исследования.

ЛНФ

Булавин М.В., Кирилов А.С.,
Алтынов А.В., Мухин К.А.,
Шабалин Е.П., 8 инженеров

3. Развитие программного комплекса VITESS и моделирование элементов спектрометров. Исследование фоновых условий на спектрометрах ИБР-2, выработка рекомендаций по уменьшению уровня фона.

Боднарчук В.И.

Реализация

ЛНФ

4. Развитие горизонтально – вертикального криостата со сверхпроводящим магнитом. Разработка и модернизация криостатов на спектрометрах ИБР-2. Модернизация криогенного стенда для работы с жидким гелием.

2 инженера
Черников А.Н.
Кичанов С.Е.

Реализация

ЛНФ

Буздавин А.П., 1 инженер, 1 лаборант

5. Завершение работ по созданию детектора обратного рассеяния. Ввод детектора в эксплуатацию на дифрактометре ФДВР. Ввод в эксплуатацию модернизированного детектора АСТРА-М на ФСД.

Круглов В.В.
Богдзель А.А.
Кирилов А.С.

Реализация

ЛНФ

Милков В.М., Бокучава Г.Д.,
Симкин В.Г., Дроздов В.А.,
Швецов В.В., 3 инженера, 4 лаборанта

**6. Разработка и исследование прототипов позиционно-чувствительных детекторных систем на основе счетчиков с резистивной нитью длиной до 1м и сцинтилляционных ПЧД большой площади (~1м²).
Разработка 2Д ПЧД с центральным отверстием для спектрометра РЕМУР.
Исследование конверторов нейтронов на основе соединений бора. Разработка и оснащение спектрометров мониторами пучков.**

**Чураков А.В.
Круглов В.В.
Богдзель А.А.**

Реализация

ЛНФ

Журавлев В.В., Курилкин А.К.,
Милков В.М. Дроздов В.А.,
Мурашкевич С.М., 3 инженера

7. Модернизация детекторной электроники и электроники сбора и накопления данных на спектрометрах ИБР-2.

**Богдзель А.А.
Кирилов А.С.**

Реализация

ЛНФ

Журавлев В.В., Литвиненко Е.И.,
Дроздов В.А., Швецов В.В.,
Мурашкевич С.М., Милков В.М.,
2 инженера

8. Внедрение программируемых логических контроллеров в системы контроля и управления исполнительными механизмами, оборудованием окружения образца и прерывателями спектрометров. Установка дополнительного оборудования на спектрометры по заявкам ответственных за установки.

**Боднарчук В.И.
Алтынов А.В.**

Реализация

ЛНФ

Журавлев В.В., Кирилов А.С.,

9. Сопровождение и развитие комплекса Sonix+ и внедрение его новых версий на спектрометрах реактора ИБР-2. Развитие центральных серверов и сетевой инфраструктуры ЛНФ в соответствии со стратегией развития вычислительной сети ОИЯИ. Модернизация почтовой системы ЛНФ и сети Wi-Fi.

**Кирилов А.С.
Приходько В.И.**

Реализация

ЛНФ Сухомлинов Г.А. Кирилов А.С.,
4инженера

ЛИТ Долбилов А.Г., 1 инженер

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт или лаборатория	Участники	Статус
Беларусь	Минск	БГТУ	Дормешкин О.Б. +2чел. Павлюкевич Ю.Г.+6чел.	Протокол
Болгария	София	INRNE BAS	_Богданова Н.Б.	Совместные работы
Россия	Москва	НИЯУ "МИФИ"	Волков Ю.А. Аткин Э.В. + 2 чел. Василевский И.А.+1 чел.	Совместные работы
	Москва	НИЦ КИ	Эмм В.Т. + 2 чел.	Совместные работы
	Москва, Троицк Гатчина	ИЯИ РАН ПИЯФ	Садыков Р.А. + 2 чел. Григорьев С.В. Булкин А.П. + 2 чел. Кащук А.П.	Совместные работы Совместные работы Совместные работы
Румыния	Дубна	Университет "Дубна"	Крюков Ю.Н.+ 3 чел.	Протокол
	Бухарест	INCDIE ICPE-SA	Сетнеску Р. Добрин И.	Протокол
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУЗ	Садиков И.И.	Протокол
Украина	Львов	НУЛП	Большакова И.	Протокол

Чехия	Ржеж	NPI ASCR	Рюхтин В. + 1 чел.	Совместные работы
Аргентина	Барилоче	CAB	Гранада Р. +2 чел.	Совместные работы
Великобритания	Дидкот	RAL	Бодуэн З. + 3 чел.	Совместные работы
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Рошта Л. + 2 чел.	Совместные работы
Германия	Берлин	HZB	Вильперт Т.	Совместные работы
	Юлих	FZJ	Брюкель Т. Иоффе А.	Совместные работы
	Дармштадт	GSI	Шмидт К.	Совместные работы
Республика Корея	Тэджон	NFRI	Ли Юнг-Сеок + 2 чел.	Протокол
Швеция	Лунд	ESS ERIC	Холл-Уилтон Р.+7	Совместные работы
Швейцария	Виллиген	PSI	Волмутер М.+1 чел.	Совместные работы

Сроки выполнения работ:

Работы по теме будут выполняться в 2021-2025 гг. в соответствии с ежегодными проблемно-тематическими планами научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ. Полный объем финансирования темы по материальным статьям бюджета, соответствующий контрольным цифрам Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017-2023 годы, приведен в **Таблице 1**:

Таблица 1

Наименование работ	Стоимость работ, kUSD				
	2021	2022	2023	2024	2025
Разработка систем контроля и управления для холодных замедлителей нейтронов и исполнительных механизмов	210	210	255	310	250
Разработка детекторов, криогенного оборудования, систем окружения образца, систем сбора и накопления данных; развитие информационно-вычислительной инфраструктуры ЛНФ	2 270	2 510	2 740	3140	3720
Итого:	2 480	2720	2995	3450	3970

Другие источники финансирования:

Гранты полномочных представителей стран-участниц ОИЯИ (Румынии, Беларуси, Чехии), проект CremlinPlus, взнос ФРГ.

Полная сметная стоимость темы:

«Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2» на 2021-2025 гг.

NN стат.	Наименование статей бюджета	ВСЕГО 2021-2025 гг.	в т.ч. 2021 г.
1	2	3	4
1	Заработная плата	5415	999
2	Страховые выплаты	1635	302
3	Соцбытфонд	352	65
4	Расходы по международному сотрудничеству:	400	80
	а) командировки в страны-участницы	185	37
	б) командировки в страны-неучастницы	100	20
	в) командировки на территории России	50	10
	г) прием иноспециалистов	50	10
	д) проведение совещаний,	15	3
5	Материалы	8300	1345
6	Оборудование	7140	1100
10	Оплата услуг научно-исследовательских организаций	75	15
11	Информация	100	20
	в) информационное обслуживание	100	20
15	Оплата услуг связи		
	ИТОГО:	23417	3926
	ИБР-2		
	КБ	70	13
	ЦОЭП	336	62
	Административно-хозяйственные расходы	2710	499
	ВСЕГО:	26533	4500

СОГЛАСОВАНО:

Главный ученый секретарь

_____ / _____ /

“ ____ ” _____ 202 г.

Начальник Планово-финансового отдела

_____ / _____ /

“ ____ ” _____ 202 г.

Начальник научно-организационного отдела

_____ / _____ /

“ ____ ” _____ 202 г.

Директор лаборатории

_____ / _____ /

“ ____ ” _____ 202 г.

Ученый секретарь лаборатории

_____ / _____ /

“ ____ ” _____ 202 г.

Экономист лаборатории

_____ / _____ /

“ ____ ” _____ 202 г.

Руководители темы

_____ / _____ /

_____ / _____ /

_____ / _____ /

“ ____ ” _____ 202 г.