

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР –
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ»
(АО «ГНЦ НИИАР»)

№ 44-23/1249
от «29» июня 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель УНУ СМ-3,
заместитель директора –
научный руководитель АО «ГНЦ НИИАР»




_____/А.Л. Ижутов/

2020 г.

ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ
Уникальной научной установки
«Высокопоточный исследовательский реактор СМ-3» (УНУ СМ-3)
на 2020–2025 гг.

Димитровград, 2020

СОГЛАСОВАНО (рабочая группа по повышению эффективности использования, обеспечения доступности и результативности деятельности УНУ СМ-3):

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Главный инженер АО «ГНЦ НИИАР»	Воробей А.О.		29.06.2020
Заместитель директора по развитию и международной деятельности	Шикунов А.В.		26.06.2020
Начальник РИК	Петелин А.Л.		26.06.2020
Главный инженер СМ-3	Сазонтов С.А.		25.06.2020
Начальник управления научно- технической деятельности	Корнилов Д.А.		25.06.2020
Начальник управления департамента экономики	Крикунова К.В.		26.06.2020
Начальник научно- технического отдела УНТД	Смирнова И.М.		26.06.2020

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
РАЗДЕЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА УНУ СМ-3	4
Краткое описание УНУ, ее основные параметры и характеристики.....	4
Основные направления научных исследований, проводимых с использованием УНУ	7
Перечень услуг, оказываемых УНУ внешним и внутренним пользователям	8
РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ.....	9
Развитие экспериментальной базы УНУ, ее модернизация	9
Развитие кадрового потенциала УНУ.....	10
Обеспечение доступности УНУ для заинтересованных исследователей	10
Разработка (освоение) новых методов и методик измерений/исследований и совершенствование существующих.....	11
Получение значительных научных результатов исследований	11
РАЗДЕЛ 3. МЕРОПРИЯТИЯ ПРОГРАММЫ.....	12
Модернизация экспериментальной базы УНУ	12
Разработка и освоение новых методик исследований или измерений	13
Метрологическое обеспечение функционирования УНУ	13
Повышение доступности УНУ для внешних и внутренних пользователей	14
Расширение перечня оказываемых с использованием УНУ услуг.....	15
Развитие внутренней и международной кооперации УНУ	15
РАЗДЕЛ 4. КОНТРОЛЬ ЗА РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРОГРАММЫ.....	16
РАЗДЕЛ 5. РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ, ОЦЕНКА ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	16

АННОТАЦИЯ

В 2012 году приказом генерального директора ОАО «ГНЦ НИИАР» для осуществления работ по государственному контракту от 19.07.2012 №14.158.11.7019 высокопоточный исследовательский реактор СМ–3 получил статус уникальной научной установки (УНУ). В этом же году УНУ «Высокопоточный исследовательский реактор СМ–3» вошла в сеть Уникальных стендов и научных установок Российской Федерации и получила поддержку Минобрнауки России в рамках выполнения ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.», что позволило существенно ускорить работы по модернизации исследовательской базы института и подготовку специалистов высшей квалификации в области ядерной энергетики.

Высокопоточный исследовательский реактор СМ–3 – корпусной водо-водяной реактор на промежуточных нейтронах с нейтронной ловушкой является одной из уникальнейших экспериментальных установок в мире. Благодаря особой конструкции активной зоны в вертикальных экспериментальных каналах реактора плотность потока нейтронов может достигать значений $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Ближайшим аналогом реакторной установки СМ–3 является реактор High Flux Isotope Reactor (HFIR), расположенный в Окриджской национальной лаборатории (США). Других аналогов высокопоточного исследовательского реактора СМ–3 в мире нет.

Настоящая программа развития Уникальной научной установки «Высокопоточный исследовательский реактор СМ–3» на 2020-2025гг. (далее – Программа) разработана для целей расширения функциональных возможностей и повышения научно-технического уровня (качественного улучшения характеристик) УНУ до степени, превосходящей мировую по масштабу, сложности и качеству проводимых научных исследований и обеспечивающей ведущую роль уникальных научных установок в национальной и международной системах фундаментальных и прикладных исследований. Данное преимущество должно обеспечить эффективное участие в реализации перспективных междисциплинарных исследовательских проектов по приоритетным направлениям развития науки и технологий Российской Федерации, в решении первоочередных научных задач, в том числе в кооперации с ведущими мировыми научными и исследовательскими центрами.

РАЗДЕЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА УНУ СМ–3

Краткое описание УНУ, ее основные параметры и характеристики

Высокопоточный исследовательский реактор СМ–3 эксплуатируется с 1961 года и предназначен для проведения экспериментальных работ по облучению образцов реакторных материалов в заданных условиях, изучению закономерностей изменения свойств различных материалов в процессе облучения, получению трансплутониевых элементов и радиоактивных нуклидов более легких элементов с высокой удельной активностью.

Исторически реактор СМ–3 (до реконструкции 1992 года – СМ–2) сыграл важную роль в наработке новых трансплутониевых элементов для последующего получения ранее неизвестных элементов Периодической системы элементов Д.И. Менделеева на ускорителях Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна), а также в области обоснования радиационной стойкости топливных и конструкционных материалов при создании отечественных энергетических реакторов.

За годы эксплуатации реактор СМ–3 неоднократно подвергался реконструкции с целью расширения его экспериментальных возможностей и повышения безопасности эксплуатации. При этом существенные изменения были внесены в конструкцию активной зоны и отражателя, во все основные технологические системы реактора и экспериментальных устройств. Часть изменений введена целевым образом в связи с появлением и постепенным ужесточением государственных нормативных требований по безопасности исследовательских реакторов.

В ходе реконструкции 1991–1992 гг.:

- изготовлен и установлен новый корпус, старый корпус выполняет роль страховочного кожуха, выдерживающего давление первого контура;
- изменена компоновка активной зоны (отражателя и центральной полости);
- заменены силовые и контрольные кабели на кабели негорючего исполнения;
- создана система водяного пожаротушения в кабельных каналах и системы газового пожаротушения в пультовых помещениях и помещениях информационно-вычислительного комплекса;
- изменены трассы трубопроводов первого контура с обеспечением подвода и отвода теплоносителя в верхней части корпуса;
- модернизирована система аварийного охлаждения реактора с применением активных и пассивных средств;
- создан измерительно-вычислительный комплекс всех технологических параметров на базе ЭВМ;
- обеспечены независимость и разделение каналов контроля наиболее важных технологических параметров;
- сооружен резервный щит управления;
- обследовано состояние и лицензировано дальнейшее использование незаменимого оборудования;
- создан дополнительный источник энергоснабжения в виде дизельной электростанции.

В 2002–2006 гг. был осуществлен перевод реактора на топливо с увеличенной загрузкой урана–235 в штатный твэл с 5,0 до 6,0 грамм, что обеспечило возможность проведения длительных облучений образцов материалов ЯЭУ в размещенных в топливной части активной зоны двух петлевых каналах диаметром 68 мм (в инструментованных устройствах), а также в ампульных каналах диаметрами 24,5 мм и 12 мм, находящихся в специально разработанных ТВС, в жестком нейтронном спектре при скорости набора повреждающей дозы до 25 сна в год, скорости наработки гелия до 1000 аррм в год и температуре до 330 °С.

Таблица 1. Основные технические характеристики реактора СМ–3

Мощность:	100 МВт
Максимальная плотность потока тепловых нейтронов в центральном канале:	$5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
Конфигурация активной зоны:	квадратная с центральной ловушкой
Наружный размер активной зоны:	420×420 мм
Шаг решетки ТВС:	70×70 мм
Количество ячеек для ТВС:	32 (включая 4 ячейки для компенсирующих органов (КО) с топливной догрузкой)

Количество ячеек, занятых центральной ловушкой:	4
Высота активной зоны:	350 мм
Геометрический объем активной зоны:	61,7 л, в т.ч. объем ловушки – 6,8 л
Энерговывделяющий объем:	48,0 – 54,9 л
Тепловывделяющий элемент:	крестообразный, типа СМ
Решетка размещения ТВЭЛОВ в ТВС:	треугольная с шагом 5,23 мм
Средняя по энерговывделяющему объему тепловая нагрузка:	1,82-2,08 МВт/л

Физический пуск реактора СМ–3 состоялся в декабре 1992 года, энергетический пуск – в апреле 1993 года. Проектом реконструкции был установлен срок эксплуатации реактора – 25 лет.

На основании расчетно-экспериментальных исследований по оценке ресурса несущих конструкций центральной зоны реактора, предназначенной для фиксации активной зоны и отражателя реактора в заданной геометрии, срок ее эксплуатации был установлен до 31.12.2021.

В связи с предстоящим окончанием срока эксплуатации центральной зоны реактора СМ–3 и необходимостью ее замены было принято решение об очередной модернизации активной зоны реактора. В рамках проекта модернизации активной зоны реактора СМ–3 разработана РКД «Модернизация центральной зоны реактора СМ-3» 1.Н.8852.000.00, начата реализация проекта.

Концепция, принятая за основу модернизации, предусматривает кроме замены центральной опорной конструкции активной зоны реактора:

- увеличение числа облучательных ячеек для мишеней в нейтронной ловушке;
- исключение центрального компенсирующего органа (ЦКО);
- отказ от центральных бериллиевых вкладышей, формирующих цилиндрическую полость для облучения материалов в нейтронной ловушке;
- модернизацию конструкции рабочих органов аварийной защиты (РО АЗ) с увеличением описанного диаметра РО и количества пэлов, и включением в состав РО нижнего вытеснителя с замедляющим нейтроны материалом;
- использование РО в двух функциях (АЗ–КО): аварийной защиты (АЗ) на нижнем участке хода и компенсатора реактивности (КО) на верхнем участке хода рабочего органа.

Кроме того, проект модернизации предполагает оснащение реактора СМ–3 современной цифровой аппаратурой СУЗ и исполнительными механизмами РО СУЗ.

Предложенные технические решения расширяют экспериментальные возможности реактора, повышают его надежность и безопасность за счет:

- увеличения количества облучаемых материалов в условиях высокой плотности нейтронного потока в нейтронной ловушке;
- установки новой опорной конструкции центральной зоны взамен выработавшей ресурс, что позволит продлить срок эксплуатации реактора до 2030 года и далее;
- уменьшения количества органов СУЗ и их исполнительных механизмов за счет отказа от наиболее эффективного ЦКО кольцевой формы в нейтронной ловушке и перераспределение его функций, как компенсатора реактивности, на четыре РО АЗ–КО цилиндрической формы при сохранении всех требуемых функций СУЗ;
- оснащения реактора современной аппаратурой и ИМ СУЗ взамен морально и физически устаревших.

В конечном итоге модернизация реактора позволит удовлетворить растущий российский рынок радиоизотопной продукцией практически по полной шкале потребностей и расширить российское присутствие на мировом рынке ядерных технологий. Дальнейшая эксплуатация реактора СМ-3 и производство радионуклидов медицинского назначения является основой для создания и развития ядерной медицины России.

В настоящее время (2020 год) реактор СМ-3 эксплуатируется на основании Лицензии № ГН-03-108-3466 от 28 декабря 2017 года, срок действия которой – до 31 декабря 2021 года.

Получение следующей (после 31 декабря 2021 года) лицензии на эксплуатацию реактора СМ-3 возможно только в случае завершения проекта модернизации. В рамках реализации данного проекта будут увеличены:

- число облучательных позиций в основном экспериментальном устройстве реактора – нейтронной ловушке, размещенной в центральной замедляющей полости реактора, что позволит повысить наработку трансурановых элементов и радионуклидов с высокой удельной активностью, таких как ^{75}Se , ^{188}W , ^{109}Cd , ^{55}Fe и др. в $\sim 1,7$ раза;

- плотность потока тепловых нейтронов в каналах активной зоны в $\sim 1,8$ раза;

- плотность потока тепловых нейтронов в каналах отражателя, объем которых составляет ~ 90 % от экспериментального объема реактора;

- общая наработка радионуклидов, таких как ^{192}Ir , ^{60}Co и др., в каналах отражателя на ~ 15 %.

Основные направления научных исследований, проводимых с использованием УНУ

Уникальная конструкция реактора СМ-3 позволяет решать с его помощью широкий круг научных и практических задач современной ядерной физики, недоступных для других типов существующих исследовательских реакторов, в частности:

- в отличие от других исследовательских реакторов с водяным охлаждением активная зона реактора СМ-3 характеризуется жестким нейтронным спектром и высоким удельным энерговыделением, поэтому скорость накопления повреждений материалов быстрыми нейтронами в облучательных ячейках топливной части активной зоны близка к скорости накопления повреждения в реакторах на быстрых нейтронах;

- в отличие от исследовательских реакторов на быстрых нейтронах с охлаждением натрием, для которых характерны высокая температура теплоносителя, сложность обеспечения водной среды в облучательном объеме, в реакторе СМ-3 возможно организовать инструментированные облучения материалов в режимах, соответствующих условиям их работы в реакторах ВВЭР, PWR;

- в активной зоне реактора, наряду с нейтронами высоких энергий, присутствуют нейтроны с меньшими, вплоть до тепловой, энергиями, что позволяет параллельно с набором повреждающей дозы накапливать ядра-трансмутанты, обеспечивая нужное соотношение скоростей этих процессов. Наличие трансмутации ядер крайне важно: во многих реальных случаях используемый материал работает именно в таких условиях;

- высокие значения плотности потоков резонансных и тепловых нейтронов в активной зоне обеспечивают большую скорость наработки изотопной продукции.

Основные научные направления деятельности УНУ СМ-3 ориентированы на ряд прикладных задач, включая:

– получение экспериментальных данных и изучение закономерностей изменения свойств конструкционных и топливных материалов под действием реакторных излучений, в том числе, высокой интенсивности;

– исследование свойств и обоснование работоспособности новых материалов, технологий и конструкций при испытаниях компонентов ядерной и термоядерной техники в натуральных и форсированных (ускоренных) условиях;

– отработка технологии получения и исследования свойств далеких трансплутониевых элементов (изотопов калифорния, америция, кюрия и т.п.) для фундаментальных научных исследований и создания компактных высокоинтенсивных источников нейтронных излучений, а также источников энергии и научных приборов на их основе;

– испытания перспективных материалов активных зон, отражателей, радиационной защиты и других специальных материалов и компонентов конструкций в обоснование проектов перспективных ядерных реакторов;

– исследования работоспособности и поведения под облучением конструкционных, топливных и поглощающих материалов ядерных реакторных установок различного назначения (энергетических, транспортных, исследовательских и др.) в режимах их штатной эксплуатации (стационарных, переходных), а также условиях проектных аварий;

– разработка методик, устройств и проведение высокодозных инструментированных испытаний на ползучесть, длительную прочность и коррозионное растрескивание конструкционных материалов для ядерных энергетических установок нового типа;

– облучение до высоких значений повреждающей дозы конструкционных и топливных материалов для инновационных проектов ядерных реакторов IV поколения (высокотемпературных газоохлаждаемых, быстрых с кипящей водой, с закритической водой и др.) при скорости набора повреждающей дозы до 25 сна/год в широком диапазоне температур, а также для перспективных проектов новых исследовательских реакторов с целью изучения:

– радиационного распухания и формоизменения различных сплавов;

– радиационно-стимулированной ползучести;

– изучения изменения вязкости разрушения циркониевых сплавов при низкотемпературном облучении;

– трещиностойкости;

– замедленного гидридного растрескивания циркониевых сплавов после низкотемпературного облучения;

– коррозионного поведения конструкционных материалов.

Перечень услуг, оказываемых УНУ внешним и внутренним пользователям

УНУ СМ–3 осуществляет широкий спектр комплексных исследований и услуг, связанных с высокодозным облучением, основные из которых:

– исследования работоспособности и поведения под облучением конструкционных, топливных и поглощающих материалов ядерных реакторных установок различного назначения (энергетических, транспортных, исследовательских и др.) в условиях, соответствующих проектным режимам их эксплуатации (стационарных, переходных), а также проектных аварий;

– облучение до высоких значений повреждающей дозы конструкционных и топливных материалов для инновационных проектов ядерных реакторов IV поколения;

- обеспечение возможности отработки режимов эксплуатации, приближенных к вводно-химическому режиму реакторов PWR, ВВЭР;
- проведение исследований новых топливных композиций с низкообогащенным ураном для высокопоточных исследовательских реакторов;
- наработка широкого спектра радионуклидной продукции различного назначения (для радиационной техники и медицины) – трансурановых элементов ($^{244-248}\text{Cm}$, ^{243}Am , $^{248,249,252}\text{Cf}$ и др.) и радиоактивных изотопов более легких элементов (^{33}P , ^{153}Gd , ^{192}Ir , ^{60}Co , ^{188}W , ^{63}Ni , $^{55,59}\text{Fe}$, $^{113,119\text{m}}\text{Sn}$, ^{89}Sr и др.) с высокой удельной активностью, включая радионуклиды ($^{125,131}\text{I}$, ^{177}Lu и др.), используемые в медицинских целях.

Основными российскими заказчиками высокодозных облучений в экспериментальных объемах модернизированной активной зоны реактора СМ–3 являются следующие организации: НИЦ «Курчатовский институт», включая ЦНИИ КМ «Прометей», АО «ОКБМ Африкантов», НИИ НПО «ЛУЧ», АО «ВНИИНМ», АО «НИКИЭТ» и др. Также периодически выполняются контракты по облучению материалов для зарубежных исследовательских центров Франции, Кореи, Китая и т.д.

РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ

Целью программы развития УНУ «Высокопоточный исследовательский реактор СМ–3» на 2020–2025 годы является разработка мероприятий по созданию уникального комплекса устройств, установок и стендов для внутриреакторных исследований материалов и изделий атомной техники, способного функционировать в качестве составного элемента существующего на основе АО «ГНЦ НИИАР» международного центра для реализации совместных научно-исследовательских проектов на базе исследовательских реакторов (ICERR) под эгидой МАГАТЭ и создаваемого в настоящее время Международного центра коллективного пользования научным оборудованием (МЦКП).

Развитие экспериментальной базы УНУ, ее модернизация

Реактор СМ–3 включает в себя следующие основные действующие экспериментальные стенды, установки и устройства (подробнее см. сайт <http://niiar.ru/node/4544>):

- низкотемпературную водяную петлевую установку ВП–1 мощностью 1,5 МВт с тремя экспериментальными каналами. Установка ВП–1 предназначена для испытаний опытных тепловыделяющих элементов, облучения образцов конструкционных и поглощающих материалов, а также для получения изотопной продукции.
- высокотемпературную водяную петлевую установку ВП–3 мощностью 150 кВт с тремя экспериментальными каналами. Установка ВП–3 предназначена для проведения исследований работоспособности твэлов реакторов различных типов, изучения выхода продуктов деления из негерметичных твэлов и способов удаления их из первого контура, материаловедческих исследований конструкционных и поглощающих материалов.
- установки для внутриреакторных исследований механических свойств материалов;
- стенд для исследования выхода продуктов деления из топливных материалов;
- ампульные устройства для реакторных испытаний образцов конструкционных материалов в регулируемых и контролируемых условиях и наработки радионуклидов;
- физическую модель (критический стенд).

В настоящее время АО «ГНЦ НИИАР» реализует важнейшую задачу по модернизации активной зоны реактора СМ–3, которая позволит:

– обеспечить увеличение экспериментального объема со сверхвысокой плотностью потока в ~ 2 раза и повысить производительность наработки изотопной продукции высокой удельной активности более на 20 %;

– увеличить плотности потока тепловых нейтронов в экспериментальных каналах отражателя в ~ 1,8 раза;

– обеспечить сокращение годового потребления высокообогащенного урана на ~ 22 %, понизить топливную составляющую затрат на продукцию до ~ 16 %;

– продлить срок эксплуатации реактора СМ–3 до 2030 года и далее.

Результат реализации проекта – сохранение лидирующих позиций России в технологиях высокопоточных исследовательских реакторов, расширение российского присутствия на рынке ядерных услуг в мире.

Развитие кадрового потенциала УНУ

Главной ценностью АО «ГНЦ НИИАР» является слаженная команда высокопрофессиональных специалистов, обладающих необходимыми компетенциями и знаниями, благодаря которой на протяжении многих лет институт добивается значительных результатов. Поэтому вопросы обучения и развития сотрудников, мотивации, организации социальных программ и социальной ответственности являются одной из важных составляющих социальной политики института.

АО «ГНЦ НИИАР» активно взаимодействует с образовательными учреждениями, реализующими программы высшего и среднего профессионального образования, а также подготовки кадров высшей квалификации. Сотрудничество с вузами ведется по следующим основным направлениям: ядерные реакторы и материалы, химическая технология материалов современной энергетики, физика, ядерная физика. На базе АО «ГНЦ НИИАР» проводятся все виды практики: учебно-ознакомительная, производственная, научно-исследовательская, преддипломная, осуществляется подготовка кадров высшей квалификации. Ежегодно, на базе УНУ СМ–3 осуществляют подготовку дипломных работ и проектов не менее 10 студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ. Такой подход к целевой подготовке студентов и их профориентации позволяет выпускникам после окончания вуза фактически сразу приступить к выполнению работ без дополнительной переподготовки. На базе УНУ СМ–3 до 2025 года планируется подготовка до трех диссертаций.

Обеспечение доступности УНУ для заинтересованных исследователей

Обеспечение доступности УНУ для заинтересованных исследователей достигается путем проведения следующих мероприятий:

– Постоянная актуализация веб-сайта с информацией о технологических возможностях и доступных услугах УНУ СМ–3.

– Информирование заинтересованных научных организаций о возможностях УНУ СМ–3 и полученных результатах путем участия в выставках, представлением сведений о полученных на УНУ СМ–3 результатах в форме докладов на научных конференциях.

– Оптимизация условий работы при проведении экспериментов на базе ИЯУ СМ–3 с учетом потребностей интересов потенциальных пользователей.

– Разработка и создание математической и 3D-модели ИЯУ СМ–3. Внедрение предлагаемой к разработке технологии позволит, прежде всего, обеспечить снижение сроков преддоговорных процессов с потенциальными Заказчиками работ на реакторе СМ–3 за счет

сокращения обоснования реализуемости планируемых к выполнению работ, уменьшить сроки выполнения нейтронно-физических и теплофизических расчетов, необходимых для обоснования проведения как реакторных испытаний, так и наработки изотопной продукции. Помимо этого, реализация проекта обеспечит привлечение новых Заказчиков за счет дополнительной рекламы уникальных возможностей реактора СМ-3 по наработке радионуклидов с высокой удельной активностью и трансплутониевых элементов, а также проведения ускоренных реакторных испытаний.

Разработка (освоение) новых методов и методик измерений/исследований и совершенствование существующих

1. Разработка и создание математической и 3D-модели ИЯУ СМ-3.

Данный проект будет являться новым инструментом проектирования и обоснования работоспособности экспериментальных облучательных устройств, предназначенных как для проведения реакторных испытаний конструкционных, топливных и поглощающих материалов, так и наработки изотопной продукции, на котором можно будет в виртуальной среде демонстрировать ход проведения экспериментов, обучать персонал принципам работы экспериментальных устройств, изучать поведение экспериментальных устройств в различных условиях без проведения дорогостоящих натуральных испытаний.

2. Разработка и аттестация методики испытаний трубчатых образцов перспективных конструкционных материалов, включая материалы для корпусов и внутрикорпусных устройств (ВКУ), нагруженных внутренним давлением газа, при высокодозном облучении в канале с естественной циркуляцией воды в реакторе СМ-3.

Цель указанных испытаний – получение характеристик ползучести, длительной прочности, коррозионного растрескивания перспективных конструкционных материалов под облучением. Уникальность методики испытаний газонаполненных образцов в реакторе СМ-3 заключается в совмещении высокой плотности потока нейтронов в канале реактора и обеспечении водно-химического режима (ВХР), характерного для реакторов ВВЭР, PWR. Таким образом, большая плотность потока нейтронов позволит сократить время испытаний образцов конструкционных материалов при моделировании заданного ВХР теплоносителя и получить экспериментальные данные об изменении геометрии образца в зависимости от внутреннего давления и повреждающей дозы.

Получение значительных научных результатов исследований

1. Создание новой нейтринной лаборатории на базе реактора СМ-3.

Реализация проекта позволит выполнить комплекс работ по обнаружению с высокой достоверностью эффекта осцилляций нейтрино в стерильное состояние. Предполагается создание передовой лаборатории на основе реактора СМ-3 с компактной активной зоной и разрабатываемой уникальной системой детектирования, позволяющей учитывать различные фоновые воздействия (эксперименты проводятся на поверхности Земли), делая тем самым эксперимент по поиску стерильного нейтрино крайне надежным.

Помимо этого, оборудование лаборатории может быть использовано для разработки методик и технологий диагностики внутриреакторных процессов на основании анализа спектра реакторных антинейтрино на малых расстояниях.

2. Разработка технологий и получение изотопов для синтеза сверхтяжелых элементов.

Проект предполагает разработку технологий и экспериментальное получение изотопов, необходимых для синтеза сверхтяжелых элементов с $Z=119$ и $Z=120$.

3. Создание петлевой реакторной установки с топливной солью на основе расплава $\text{LiF}-\text{BeF}_2$. Проект предусматривает экспериментальное обоснование топливной соли и выбор конструкционных материалов для создания исследовательского жидкосолевого ядерного реактора (ИЖСР). Планируется проведение петлевых реакторных испытаний кандидатных конструкционных материалов в топливной соли с естественной циркуляцией, обоснован состав топливной соли.

4. Испытания материалов оболочек твэлов и ВКУ для ВВЭР-СКД. В рамках проекта будут разработаны методика, облучательные устройства, экспериментальные стенды, обеспечена возможность моделирования условий облучения, соответствующих режимам работы перспективной РУ ВВЭР – СКД (реактор, охлаждаемый водой сверхкритического давления) и проведены испытания в обоснование выбора оболочечных сплавов, материалов корпуса реактора (КР) и ВКУ ВВЭР – СКД.

5. Проведение испытаний реакторного графита для ВТГР. Планируется разработка методики, облучательных устройств и проведение внутриреакторных исследований материалов и элементов с целью подтверждение принятых решений в обоснование технических проектов ВТГР.

РАЗДЕЛ 3. МЕРОПРИЯТИЯ ПРОГРАММЫ

Модернизация экспериментальной базы УНУ

№ п/п	Наименование мероприятия	Характеристика Мероприятия	Сроки реализации	Источники финансирования
1.	Модернизация центральной зоны реактора СМ–3.	Модернизация центральной замедляющей полости и активной зоны с целью расширения экспериментальных возможностей реактора.	2017–2020 гг.	604,4 млн руб. из средств КИР Госкорпорации «Росатом».
2.	Создание новой нейтринной лаборатории на базе реактора СМ–3.	Обнаружение с высокой достоверностью эффекта осцилляций нейтрино в стерильное состояние. Предполагается создание передовой лаборатории на основе реактора СМ–3 с компактной активной зоной и разрабатываемой уникальной системой детектирования, позволяющей учитывать различные фоновые воздействия (эксперименты проводятся на поверхности Земли), делая тем самым эксперимент по поиску стерильного нейтрино крайне надежным.	2020–2023 гг.	20,0 млн руб. Грант Минобрнауки, головной исполнитель НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ.
3.	Восстановление эксплуатационных характеристик башенной градирни	Ремонт градирни с целью восстановления эксплуатационных характеристик башенной градирни контура оборотного	2019–2020 гг.	68,0 млн руб. из средств СРФ Госкорпорации «Росатом».

№ п/п	Наименование мероприятия	Характеристика Мероприятия	Сроки реализации	Источники финансирования
	контура оборотного водоснабжения реактора СМ–3.	водоснабжения для повышения надёжности и безопасности эксплуатации реактора СМ–3.		

Разработка и освоение новых методик исследований или измерений

№ п/п	Наименование мероприятия	Характеристика мероприятия	Сроки реализации	Источники финансирования
1.	Разработка технологий и получение изотопов для синтеза сверхтяжелых элементов.	Разработать технологии и получить изотопы для синтеза сверхтяжелых элементов с $Z=119$ и $Z=120$.	2020–2024 гг.	РНТТ.
2.	Разработка методики испытания трубчатых образцов перспективных конструкционных материалов, включая материалы для корпусов и ВКУ, нагруженных внутренним давлением газа, при высокодозном облучении в канале с естественной циркуляцией воды в реакторе СМ–3.	Разработать и аттестовать методику испытаний трубчатых образцов перспективных конструкционных материалов активных зон ЯЭУ, включая материалы для корпусов и ВКУ, нагруженных внутренним давлением газа, при высокодозном облучении в канале с естественной циркуляцией воды в реакторе СМ–3, что позволит ускорить время набора повреждающих доз для образцов за счет их облучения в канале реактора СМ–3 с большой плотностью потока быстрых ($E > 1$ МэВ) нейтронов.	2020–2021 гг.	ЕОТП Госкорпорации «Росатом».

Метрологическое обеспечение функционирования УНУ¹

№ п/п	Наименование мероприятия	Характеристика мероприятия	Сроки реализации	Источники финансирования
1.	Разработка методики расчета «Определение энерговыделения и выгорания топлива в ТВС ИР СМ–3».	Разработать методы расчета энерговыделения и выгорания топлива в ТВС реактора СМ–3 с модернизированной нейтронной ловушкой. Реализовать алгоритм расчета средствами офисного программирования.	2019–202 гг.	Собственные средства.
2.	Разработка методики выполнения измерений «Экспериментальное определение эффективности РО СУЗ реактора СМ–3».	Разработать алгоритм выполнения измерений эффективности модернизированных РО СУЗ реактора СМ–3 с использованием нового комплекса аппаратуры АСУЗ-26Р.	2019–2021 гг.	Собственные средства.

¹ Перечень мероприятий может актуализироваться в зависимости от планируемых к выполнению на УНУ СМ–3 работ.

3.	Разработка методики расчета «Определение запаса реактивности и подкритичности активной зоны РУ СМ-3».	Разработать методы определения запаса реактивности и подкритичности в модернизированной активной зоне реактора СМ-3.	2019–2021 гг.	Собственные средства.
4.	Разработка программы инженерно-физического сопровождения эксплуатации РУ СМ-3.	Разработать программу инженерно-физического сопровождения эксплуатации реактора СМ-3 после модернизации средствами офисного программирования.	2019–2021гг.	Собственные средства.
5.	Метрологическая аттестация средств измерений.	В соответствии с установленным регламентом каждый прибор контроля проходит метрологическую аттестацию в специализированном отделении АО «ГНЦ НИИАР».	Постоянно.	Собственные средства.

Повышение доступности УНУ для внешних и внутренних пользователей

№ п/п	Наименование мероприятия	Характеристика мероприятия	Сроки реализации	Источники финансирования
1.	Создание ампульных устройств и петлевой установки с жикосолевым теплоносителем, проведение испытаний кандидатных конструкционных материалов и топливных солей ИЖСР в реакторе СМ-3.	Исследование радиационной и коррозионной стойкости в обоснование выбора кандидатных материалов и топливной соли для ИЖСР.	2020–2025 гг.	ЕОТП, РНТТ.
2.	Ускоренные испытания в реакторе СМ-3 оболочечных сплавов, материалов КР и ВКУ для ВВЭР-СКД.	Выбор и экспериментальное обоснование работоспособности материалов в обеспечение реализации проекта по созданию твэлов, активной зоны и корпуса перспективного реактора ВВЭР-СКД.	2020–2025 гг.	РНТТ.
3.	Внутриреакторные исследования в СМ-3 материалов и элементов для ВТГР.	Изучение поведения материалов и подтверждение принятых решений в обоснование технических проектов ВТГР, в т.ч. в рамках ПННТР «Водородная энергетика».	2020–2025 гг.	РНТТ.
4.	Разработка технологии организации различных ВХР теплоносителя.	Возможна реализация ВХР реакторов ВВЭР, PWR в ампульном канале реактора с естественной циркуляцией. Различные ВХР позволяют существенно расширить спектр решаемых задач по испытаниям	2020–2025 гг.	Договоры НИОКР.

		конструкционных материалов.		
5.	Разработка и создание математической и 3D-модели реактора СМ-3.	Реализация проекта обеспечит привлечение новых Заказчиков за счет дополнительной рекламы уникальных возможностей реактора СМ-3 по наработке радионуклидов с высокой удельной активностью и трансплутониевых элементов, а также проведения ускоренных реакторных испытаний.	2020–2025 гг.	Не определены.

Расширение перечня оказываемых с использованием УНУ услуг

№ п/п	Наименование мероприятия	Характеристика мероприятия	Сроки реализации	Источники финансирования
1.	Разработка новых и совершенствование имеющихся методик испытаний образцов конструкционных материалов ядерных реакторов различного назначения.	В зависимости от возникающих задач разрабатываются новые технологические и методические решения, позволяющие расширять перечень предлагаемых услуг.	Постоянно.	Договоры НИОКР.
2.	Разработки технологии активационного накопления изотопа Мо-99.	Создание эффективной реакторной технологии и подтверждения возможности накопления Мо-99 без применения делящихся материалов в облучаемой мишени, исключающей проблемы нераспространения и снижения обогащения, а также необходимость работы с высокоактивными продуктами деления при радиохимическом выделении молибдена из облученной мишени.	2020–2025 гг.	Не определены.

Развитие внутренней и международной кооперации УНУ

№ п/п	Наименование мероприятия	Характеристика мероприятия	Сроки реализации	Источники финансирования
1.	Участие в трехстороннем проекте (СЕА (Франция) - CGN (Китай) – АО «ГНЦ НИИАР» (Россия)) по испытаниям образцов конструкционных материалов и экспериментальных твэлов с покрытием для создания толерантного	Планируется проведение реакторных испытаний с последующими материаловедческими исследованиями образцов конструкционных материалов с нанесенными на их поверхность покрытиями в условиях ВХР, характерного для реактора PWR.	2020–2025 гг.	Международный контракт.

	топлива.			
2.	Проект с институтом KAERI (Корея) по исследованию поглощающих материалов.	Планируется облучение различных модификаций поглощающих материалов и их последующие материаловедческие исследования.	2020–2022 гг.	Международный контракт.
3.	Участие в работе рамочной программы проведения экспериментов по облучению FIDES под эгидой Агентства по ядерной энергии (NEA) OECD.	Инициирование и реализация рамочных проектов по выполнению экспериментальных работ под эгидой FIDES на базе УНУ СМ–3.	2020–2025 гг.	Средства зарубежных заказчиков.

РАЗДЕЛ 4. КОНТРОЛЬ ЗА РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРОГРАММЫ

Контроль за ходом выполнения Программы производится руководителем УНУ СМ–3, заместителем директора – научным руководителем АО «ГНЦ НИИАР» по указанным в паспорте Программы показателям и индикаторам, позволяющим оценить ход ее реализации.

РАЗДЕЛ 5. РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ, ОЦЕНКА ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Ожидаемые значения показателей реализации Программы:

№ п/п	Наименование показателя	Ожидаемые значения, год					
		2020	2021	2022	2023	2024	2025
1.	Удельный вес сотрудников УНУ, имеющих ученую степень, %	12	12	14	14	16	16
2.	Удельный вес времени работы УНУ в интересах внешних пользователей в общем объеме фонда рабочего времени УНУ, %	95	95	95	95	95	95
3.	Количество организаций–пользователей за год и/или организаций–участников проводимых совместных экспериментов, ед.	3	3	5	5	7	7
4.	Публикационная активность (статьи, подготовленные по результатам исследований, проведенных с использованием УНУ в научных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science или Scopus), ед.	5	7	9	11	13	15
5.	Удельный вес исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей, выполняющих работы на уникальных научных установках, %	40	40	45	45	50	50

Заместитель начальника РИК по науке – начальник физико-энергетического департамента



А.В. Бурукин