**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки**

**Институт ядерных исследований Российской академии наук**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор Института

Член-корреспондент РАН

|  |  |
| --- | --- |
|  | Л.В.Кравчук |

**Программа развития**

**Уникальной научной установки**

**«Линейный ускоритель ионов водорода и импульсный источник нейтронов»**

**1 УНУ - Общая информация.**

Линейный ускоритель ИЯИ РАН предназначен для получения высокоинтенсивных пучков протонов и отрицательных ионов водорода со средним суммарным током ионов обоих знаков заряда 0,5 мА про энергии 600 МэВ и генеpации высокоинтенсивных пучков вторичных частиц: мюонов, пи--мезонов, нейтрино, нейтронов и нейтральных атомов водоpода. Длительность макpоимпульса пучка 100 мкс пpи частоте повторения 100 Гц. Инжектором служит ускоpительная тpубка, питаемая высоковольтным импульсным тpансфоpматоpом на 750 кВ. Hачальная часть ускоpителя (длина 80 метров) состоит из 5 резонаторов с трубками дрейфа с ВЧ питанием от тpиодных генеpатоpов на частоте 198,2 МГц с импульсной мощностью до 5 МВт. Основная часть ускоpителя на энеpгию 600 МэВ (длина 360 м) состоит из 27 pезонатоpов с проводящими шайбами и диафpгамами с ВЧ питанием на частоте 991 МГц от клистpонных генераторов с импульсной мощностью 4,75 МВт. Предусмотрен промежуточный вывод пучка с энергией до 160 МэВ для пpикладных ядерно-физических работ. Фокусировка пучка обеспечивается квадpупольными линзами тpубок дpейфа начальной части ускорителя и квадpупольными дублетами между ускоpяющими секциями основной части ускоpителя. Автоматизиpованное упpавление ускоpителя обеспечивается пятью сектоpными ЭВМ и шестью ЭВМ центpального пульта. Пpедусмотpена возможность увеличения сpеднего тока ускоpителя до 1,0 -2,0 мА.

В настоящее вpемя в мире существуют тpи ускоpителя класса мезонных фабpик: линейный ускоpитель Лос-Аламоской мезонной фабрики (США) на энеpгию 800 МэВ и сpедний ток 1000 мкА, синхpоциклотpон на энеpгию 595 МэВ и сpедний ток 250 мкА в Виллингене (Швейцаpия) и циклотpон ТРИУМФ для ускоpения отpицательных ионов водоpода на энеpгию 520 МэВ и сpедний ток 250 мкА в Ванкувеpе (Канада).

Нейтронный комплекс ЦКП ИЯИ РАН включает в себя три нейтронных источника: импульсный нейтронный источник ИН-06, высокочувствительный 100-тонный спектрометр по времени замедления нейтронов в свинце (СВЗ-100) и нейтронный источник РАДЭКС с время-пролетным нейтронным спектрометром на базе ловушки пучка протонов (РАДЭКС-ВПНС).

На вы­веденном пучке протонов с энергией 160 МэВ создана крупнейшая в Ев­ропе установка по наработке изотопов для ядерной медицины. Главный изотоп, производимый на установке - стронций-82, используемый в позитронно-эмиссионой томографии для диагностики ряда сердечных заболеваний. Установка способна производить десятки кюри стронция-82 в год, что может обеспечить всю европейскую потребность, а также кадмий-109, натрий-22, германий-68 и другие изотопы.

Сравнимые по производительности установки существуют только в Ванкувере (Канада), Лос-Аламосе и Брукхевене (США), но установка в ИЯИ РАН имеет ряд преимуществ по сравнению с ранее созданными как в плане производительности, так и по уровню безопасности и автоматизации. По качеству изотопы ИЯИ РАН не уступают или превосходят зарубежные аналоги. В России может в ближайшее время потребляться от 1 до 3 кюри стронция-82 в год. Потребление его в Северной Америке - 20-30 кюри и уровень потребления имеет тенденцию к увеличению. В Европе и Азии Стронций-82 пока не используется, но в ближайшее время рынок может составить не меньший объем, чем в Северной Америке.

В ИЯИ РАН создан новый радиологический центр, предназначенный для использования различных современных видов лучевой терапии. Основной установкой центра является установка для облучения фиксированным горизонтальным пучком протонов. Оригинальные разработки системы позиционирования пациента, систем формирования пучка и других устройств дают возможность облучать опухоли широкого диапазона размеров и локализаций, включая новообразования глаза, головы, мягких тканей и др. Важным дополнением протонной лучевой установки ИЯИ РАН является ускоритель электронов СЛ-75-5-МТ, расположенный рядом с протонной установкой. Последовательное использование протонных и фотонных пучков для комбинированного облучения рассматривается в настоящее время как весьма перспективное направление радиотерапии. Эта методика дает реальную возможность значительно повысить эффективность использования дорогого в эксплуатации ускорителя протонов, поскольку для многих видов новообразований около половины канцерицидной дозы может быть проведено фотонами без ущерба для качества лечения. Дальнейшее развитие центра предусматривает создание дополнительных процедурных помещений протонной терапии, разработку и внедрение автоматических формирующих устройств для конвенциальной радиотерапии, разработку и внедрение позитронно-эмиссионных томографов (ПЭТ) с использованием изотопов собственного производства, использование контактной радиотерапии с использованием изотопов собственного производства, разработку и внедрение новых методов нейтрон-захватной радиотерапии на пучках вторичных нейтронов линейного ускорителя ИЯИ РАН. Реализация этих планов позволит создать универсальный радиологический центр мирового уровня.

**2 Основные направления развития УНУ**

Предполагается развитие УНУ **"Линейный ускоритель ионов водорода и импульсный источник нейтронов"** по следующим основным направлениям:

* Совершенствование и модернизация материально-технической базы комплексов в составе УНУ – линейного ускорителя, нейтронного источника, изотопного комплекса и комплекса протонной терапии – модернизация и реконструкция основных технологических систем с обязательным переходом на современную компонентную базу в системах АСУ, управления и стабилизации параметров систем.
* Разработка технологии получения новых перспективных изотопов для ранней диагностики и лечения онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний с использованием Изотопного комплекса и комплекса протонной терапии УНУ.
* создание дополнительных процедурных помещений протонной терапии, разработка и внедрение автоматических формирующих устройств для конвенциальной радиотерапии
* Расширение деятельности УНУ по обеспечению и развитию исследований в форме коллективного пользования для российских и зарубежных организаций с повышением надежности работы, внедрением новых методов формирования пучка.
* Мероприятия по обеспечению достоверности и точности измерений.

**3 Совершенствование и модернизация материально-технической базы УНУ**

Совершенствование и модернизация материально-технической базы УНУ является приоритетным направлением развития УНУ. Работы по этому направлению будут включать комплексные работы по модернизации научного оборудования, входящего в состав УНУ, с целью расширения технических возможностей проведения исследований, приобретение расходных материалов и организацию сервисного обслуживания внешних пользователей для обеспечения условий функционирования УНУ.

**Запланированы следующие работы по** с**овершенствованию и модернизации материально-технической базы УНУ:**

* установка и реализация систем прецизион­ного формирования про­тонного пучка на мишени радиоизотопного Комплекса ИЯИ РАН;
* расчет, разработка и создание новой нейтронной мишени для ИН-06. Одной из важнейших составляющих мишени является бериллиевый отражатель, использование которого позволит поднять нейтронный поток на нижнем замедлителе в 8-10 раз, а на верхнем - в 2 раза при прочих равных условиях;
* полная модернизация АСУ ускорителя и изотопного комплекса ИЯИ РАН с переводом всего комплекса АСУ на современную элементную базу;
* Развитие и практическая реализация технологий получе­ния новых ускорительных изотопов для ядерной медицины.

**В рамках** с**овершенствования и модернизации материально-технической базы УНУ запланированы следующие работы:**

* Разработка и ввод в научную эксплуатацию новых элементов систем формирования и измерения параметров пучка ускорительного комплекса
* Подготовка проектов новых экспериментов по перспек­тивным медицинским изотопам.
* Модернизация технологических систем (высокочастотного питания, электропитания, охлаждения, радиационного контроля) и систем формирования пучка изотопного комплекса и комплекса протонной терапии ИЯИ РАН.

**4 Разработка технологии получения перспективных изотопов для диагностики и**

**лечения различных заболеваний с использованиемУНУ.**

Разработка и развитие технологий получения перспективных изотопов для диагностики и лечения различных заболеваний с использованием УНУ направлена на расширение спектра получаемых изотопов для диагностики и лечения заболеваний с использованием уникальных возможностей линейного ускорителя ионов водорода ИЯИ РАН, расширение сферы предоставляемых услуг коллективного пользования, обеспечение достоверности и точности проводимых измерений и процедур на УНУ, использование технических возможностей уникального оборудования УНУ в полном объеме.

Дальнейшее совершенствование следующих методик для УНУ:

* Методика настройки ускоряющих и фокусирующих полей с использованием модернизированных элементов АСУ ускорителя.
* Методика настройки режимов ускорения малых и больших ускоряемых токов пучка с использованием новых и модернизированных элементов системы диагностики пучка.
* Методика стабилизации ускоряющих и фокусирующих полей линейного ускорителя с использованием разработанных систем управления, блокировки и сигнализации (УБС).
* Методика повышения надежности и эффективности работы ускорительного комплекса на основе комплекса мер по модернизации основных систем (система ВЧ питания, системы электропитания, охлаждения и термостабилизации, диагностики пучка, УБС и АСУ линейного ускорителя.

Разрабатываемые методики должны позволить проводить весь комплекс планируемых исследований как в рамках задач УНУ, так и в рамках Программы фундаментальных и прикладных исследований ИЯИ РАН на УНУ с привлечением широкого круга пользователей из других организаций и ведомств Российской Федерации и зарубежных научных центров.

**5 Расширение деятельности УНУ по обеспечению и развитию исследований в форме коллективного пользования.**

Основными задачами по расширению деятельности УНУ по обеспечению и развитию исследований в форме услуг коллективного пользования оборудования являются:

* Увеличение числа пользователей УНУ и расширение «географии» пользователей - российские и зарубежные научные организации и центры.
* Совершенствование и модернизация материально-технической базы УНУ.
* Создание условий для достижения высоких значений использования («загрузки») дорогостоящего оборудования в научных процессах.
* Разработка новых методов проведения исследований и реализации технологических процессов.
* Повышение квалификации российских ученых на базе УНУ и увеличение числа подготовленных высококвалифицированных специалистов.
* Увеличение числа ученых, студентов и аспирантов организаций и вузов Российской Федерации, использующих УНУ для проведения НИР.

**6 Мероприятия по обеспечению достоверности и точности измерений для обеспечения выполнения Программ научных исследований на УНУ.**

Достоверность и точность измерений, выполняемых на УНУ обеспечивается выполнением следующих мероприятий:

* Организация поверки научного оборудования УНУ.
* Применение и разработка стандартных и новых методов для аттестации используемого уникального оборудования линейного ускорителя ИЯИ РАН.
* Разработка методик исследований и испытаний состава и качества получаемых изотопов для медицины и промышленности.