



Протонному синхроциклотрону СЦ-1000 - 50 лет



Протонный синхроциклотрон СЦ-1000 с энергией выведенного пучка 1 000 МэВ является базовой установкой НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ. Физический пуск был произведен в 1967 году, и по настоящее время СЦ-1000 является одним из крупнейших ускорителей своего класса. За время эксплуатации синхроциклотрон был в значительной степени модернизирован и продолжает оставаться одним из активно действующих протонных ускорителей средних энергий в России.

Программа научных и прикладных исследований на пучках СЦ-1000 весьма обширна: физика элементарных частиц, структура атомного ядра и механизмы ядерных реакций, физика твердого тела, а также радиационные испытания и ядерная медицина.

Протонному синхроциклотрону СЦ-1000 – 50 лет

В разработке, сооружении и вводе в эксплуатацию СЦ-1000 ведущая роль принадлежала филиалу ФТИ в Гатчине и Научно-исследовательскому институту электрофизической аппаратуры им. Д.В.Ефремова (НИИЭФА). Проект здания синхроциклотрона и его технологических систем был разработан в Ленинградском проектно-институте, проект систем электропитания и нестандартного электротехнического оборудования разработали НИИЭФА и Государственный проектный институт «Тяжпромэлектропроект». Изготовление нестандартного оборудования было осуществлено на заводе «Электросила».

Сооружение синхроциклотрона СЦ-1000 потребовало решения целого комплекса сложных научно-технических проблем:

- создание самого большого в мире электромагнита с диаметром полюса 7 метров и весом 8 тысяч тонн;
 - создание высокочастотной резонансной системы с рекордными параметрами;
 - разработка и создание экспериментального комплекса для проведения на пучках ускорителя научных и прикладных работ.
- Многие из найденных в ходе разработки ускорителя технических решений были защищены авторскими свидетельствами.

1957 Начато сооружение комплекса силами военных строителей «Главспецстрой».

1964 Построены все здания ускорительного комплекса и закончен монтаж основного оборудования и систем электропитания.

1967 Закончены все строительные-монтажные работы, запущены системы электроснабжения и водоохлаждения, смонтирован электромагнит и вакуумная камера, в камере получен вакуум. Завершены работы по формированию магнитного поля синхроциклотрона. Установлена высокочастотная система.

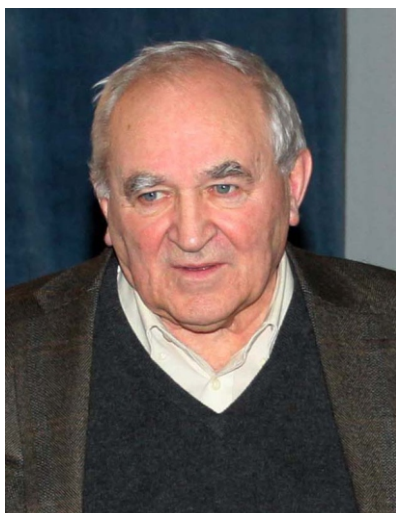
1967 Первый пучок ускоренных протонов был получен в ночь на 5 ноября. Все газеты и радиостанции СССР отметили это событие как очередное достижение советской науки. Поздравили ведущие коллективы и физики всей страны, в том числе президент АН СССР М. В. Келдыш. Позднее создание СЦ-1000 было номинировано на Ленинскую премию.

С вводом СЦ-1000 в эксплуатацию было завершено создание первой очереди ускорительной базы ПИЯФ, на основе которой было обеспечено на длительную перспективу проведение фундаментальных и прикладных исследований в различных областях физики, медицины и радиационной технологии. Ускоритель занесен в число уникальных установок России.

От НИИЭФА в разработке проекта СЦ-1000 непосредственное участие принимали: директор профессор Е. Г. Комар, главный конструктор И. Ф. Малышев, к. т. н. И. М. Ройфе и др. Ведущими участниками работ от Института были: д. ф.-м. н. Д. Г. Алхазов, зам.директора д. ф.-м. н. Д. М. Каминкер, академик УССР А. П. Комар и молодые научные сотрудники и инженеры: Н. К. Абросимов, Н. Н. Чернов, А. В. Куликов, Г. А. Рябов, Г. Ф. Михеев, В. А. Елисеев, И. А. Петров, С. П. Дмитриев. Ведущая роль в разработке физической программы на СЦ-1000 и ее успешной реализации принадлежит члену-корреспонденту РАН, профессору А. А. Воробьеву.

Бессменным руководителем Ускорительного отдела до 2011 года был д. т. н. Н. К. Абросимов. В настоящее время его дело продолжает к. т. н. Е. М. Иванов, лауреат премии им. И. В. Курчатова и премии Губернатора Ленинградской области 2017 года. Именно он внес основной вклад в создание единственного в Европе центра испытаний электроники для авиации и космоса.

Многие наши кандидаты и доктора наук защитили диссертации по материалам работ, выполненных на СЦ-1000. Надежная работа ускорителя, его постоянная модернизация – это результат самоотверженного творческого труда сотрудников Ускорительного отдела, их высокой профессиональной квалификации.



А. А. Воробьев



Н. К. Абросимов



Е. М. Иванов

Протонному синхроциклотрону СЦ-1000 – 50 лет

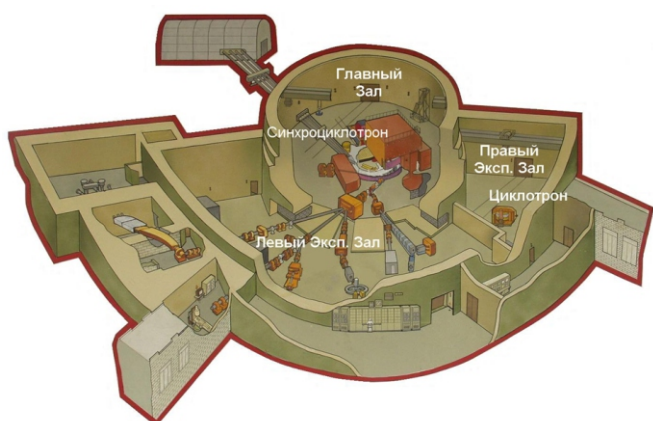


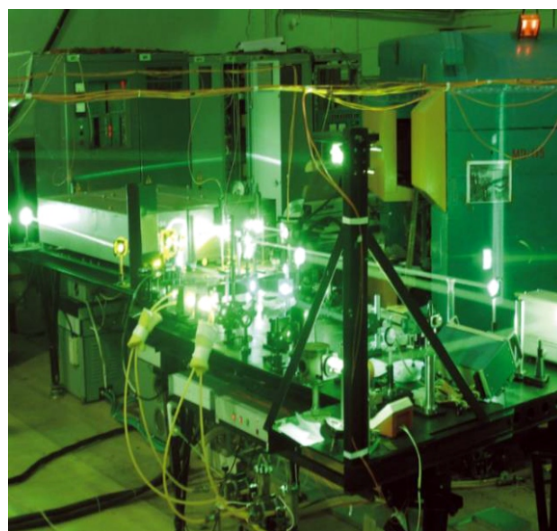
Схема СЦ-1000 и экспериментальных установок

Технические параметры	
Энергия выведенного пучка	1 ГэВ (const)
Однородность энергии	1 % ($3 \cdot 10^{-4}$ spectr)
Интенсивность пучка внутри камеры	≤ 3 мкА (var)
Интенсивность выведенного пучка	≤ 1 мкА (var)
Частота повторения макроимпульса	40 ÷ 60 Гц
Длительность макроимпульса	300 мкс ÷ 10 (17) мс

Основные экспериментальные установки на СЦ-1000

Спектрометрический масс-сепараторный лазерный комплекс

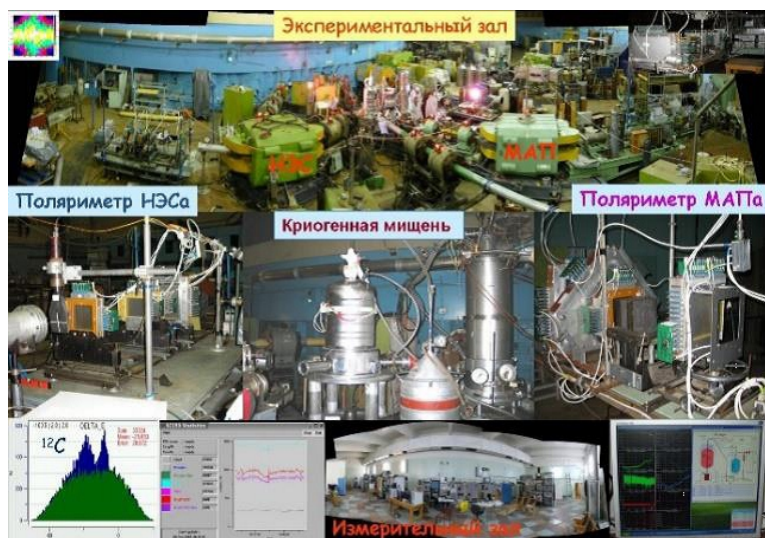
ИРИС, единственный в России. Предназначен для получения и исследования свойств короткоживущих ядер. С его помощью измерены зарядовые радиусы и электромагнитные моменты у более сотни экзотических нейтронодефицитных ядер (Лаборатория короткоживущих ядер).

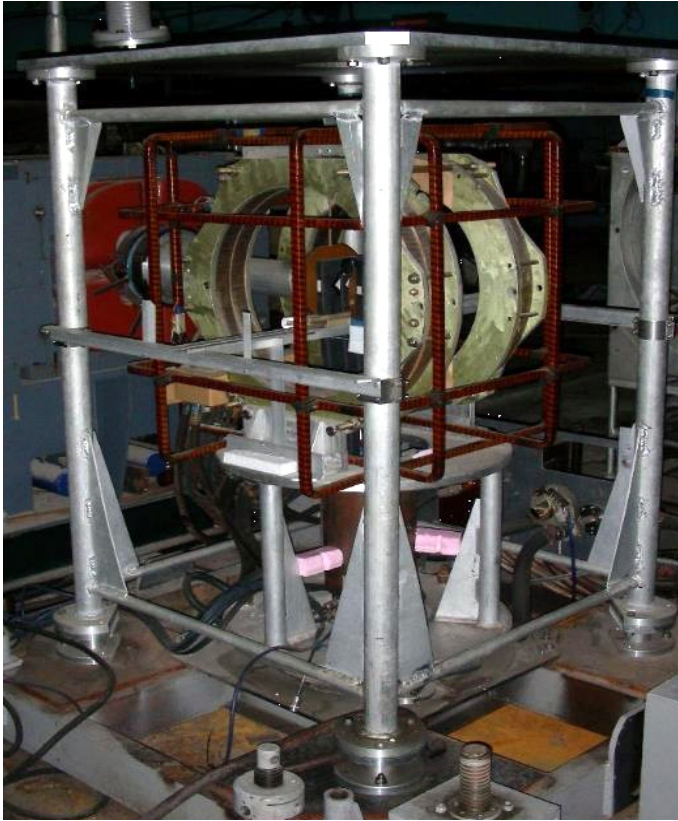


Нейтронный спектрометр по времени пролета ГНЕЙС

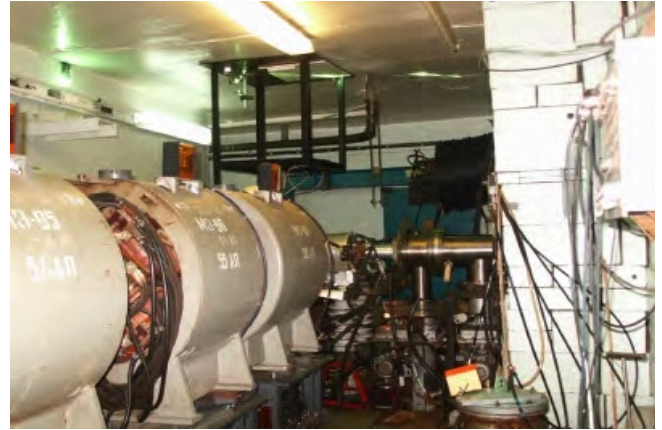
с рекордными по разрешению параметрами. Позволяет исследовать в широких пределах энергетическую зависимость сечений взаимодействия нейтронов с ядрами. Диапазон энергий нейтронов 0,1 эВ ÷ 1 000 МэВ. Интенсивность быстрых нейтронов $\sim 3 \cdot 10^{14}$ нейтронов/с. Длительность импульса 10 нс, частота ~ 50 Гц (Лаборатория ядерной спектроскопии).

Прецизионный двухплечевой протонный спектрометр МАП-НЭС. В проведенных с его помощью обширных исследованиях квазиупругого рассеяния протонов на ядрах получена уникальная информация о структуре ядер (Лаборатория малонуклонных систем).





Спектрометр μ SR. На мюонном канале СЦ-1000 создана единственная в России установка для исследования методом μ SR магнитной структуры конденсированных сред, а также магнетизма в материалах с памятью формы, взаимодействия ферроэлектричества и ферромагнетизма, магнитных свойств магнетиков, феррожидкостей и сталей (Лаборатория мезонной физики конденсированных сред).



Комплекс протонно-лучевой терапии. Предназначен для лечения заболеваний головного мозга (аденом гипофиза, артериовенозных аневризм и др.). Использован разработанный совместно с РНЦ РХТ уникальный и эффективный стереотаксический метод облучения с ротацией пациента. Суть его заключается в разрушении пораженных клеток органов-мишеней протонным пучком с энергией 1 000 МэВ – с минимальным облучением окружающих здоровых тканей. Курс протонной терапии прошли 1 386 больных, ремиссия составляет 89 % (Ускорительный отдел).

Центр радиационных испытаний электроники космического, авиационного и других прикладных назначений.

Создан единственный в Европе радиационный комплекс экспресс-испытаний электроники, работающей в экстремальных условиях космоса. Облучение производится на нейтронном пучке с атмосфероподобным энергетическим спектром и на протонном пучке переменной энергии 50–1 000 МэВ.

Работа проводится совместно с НИИ космического приборостроения (Ускорительный отдел).



Вторичные пучки π^\pm - и μ^\pm -мезонов образуются на одной внешней мишени, расположенной в зале СЦ-1000. Имеются два канала π^\pm -мезонов и канал μ^\pm -мезонов (Лаборатория мезонной физики).

На пучках СЦ-1000 проводится тестирование аппаратуры, разрабатываемой в Институте для участия в международных экспериментах, проводимых или планируемых на ускорителях высоких энергий и коллайдерах в США (RHENIX), Швейцарии (μ -катализ), ЦЕРН (LHC, ATLAS, LHCb, CMS), Германии (HERMES).