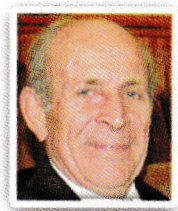




Здание ИЯЭиП

Он был заложен в 1915 г. по приказу Николая II как Морской кадетский корпус, в 1924–1931 гг. в нем находилось училище морских летчиков, с 1951 по 1996 г. — Севастопольское высшее военно-морское инженерное училище (СВВМИУ), готовившее специалистов для атомного подводного флота. С 1996 г. на базе СВВМИУ был создан Севастопольский институт ядерной энергии и промышленности. С 2015 г. он вошел в состав Севастопольского государственного университета. За эти годы было подготовлено более 16 тысяч высококлассных специалистов для атомного подводного флота СССР и более 8,5 тысяч гражданских специалистов в области атомной энергетики и IT-отрасли.



Директор
ИЯЭиП
Кирияченко
Владимир
Александрович

Педагогический коллектив института составляют как заслуженные ученые и преподаватели, имеющие богатый опыт работы в атомной отрасли, так и молодые перспективные педагоги. Директор института — кандидат технических наук, профессор Владимир Александрович Кирияченко. Подготовка специалистов в институте базируется на уникальной материально-технической и лабораторной базе. У студентов есть уникальная возможность заниматься на локальных тренажерах по обслуживанию энергетического оборудования атомных электростанций. На территории института находятся действующие исследовательские ядерные установки: исследовательский реактор ИР-100, критический стенд СФ и подкритический стенд ПУВС, которые задействованы и в учебном процессе.

Исследовательские ядерные установки ИЯЭиП

Тип ИЯУ	Название ИЯУ	Мощность тепловая, кВт	Год физическо-го пуска	Состояние	Длительность эксплуатации, лет*
ИР	ИР-100	200,0	1967	Действующий	48
КС	ФС	0,0002	1974	Действующий	41
ПКС	ПУВС	0,0003	1961	Действующий	54

* — на 2015 г.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РЕАКТОР ИР-100

Исследовательский реактор ИР-100 — гетерогенный, на тепловых нейтронах, бассейнового типа с использованием в качестве замедлителя и теплоносителя обессоленной воды. Физический пуск реактора состоялся 16 апреля 1967 г., энергетический пуск — 22 июня 1967 г.

Реактор неоднократно реконструировался, в том числе был выведен 13 сентября 1972 г. на новый уровень мощности — 200 кВт.



Здание исследовательского реактора ИР-100

Основное назначение реактора ИР-100:

- исследования в области ядерной физики, физики твердого тела, радиационной химии, радиационной стойкости материала, ядерной техники и технологии, экологии;
- практическая подготовка специалистов в области ядерной энергетики.

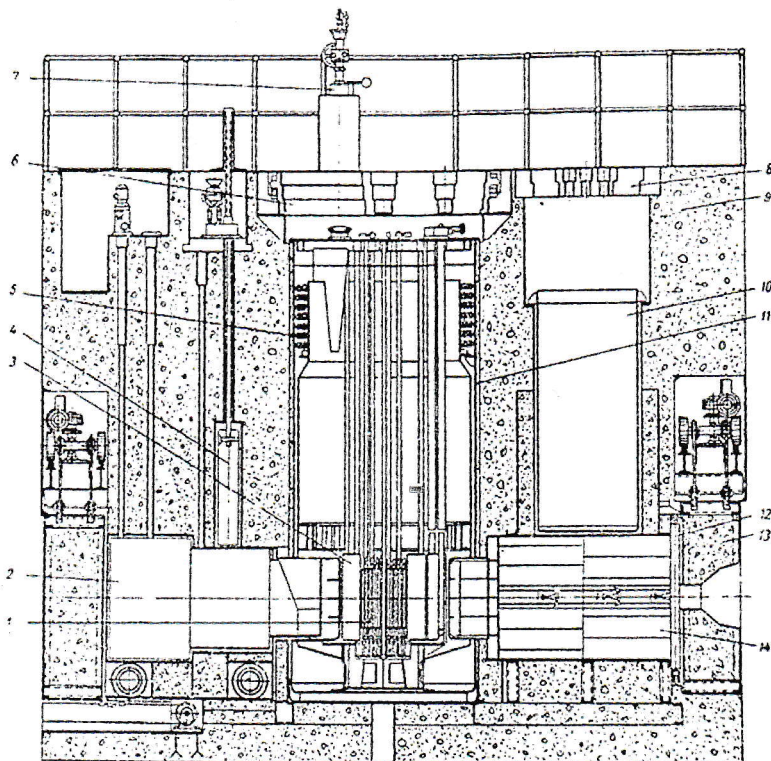


Реакторный зал ИР-100

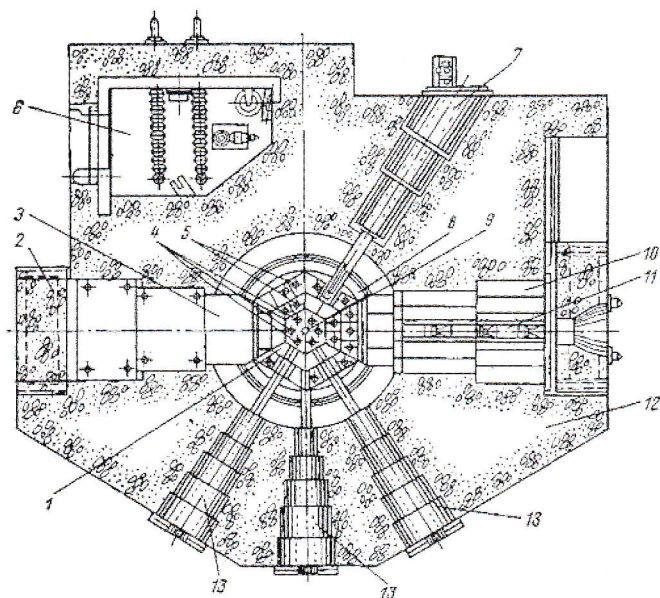


Пульт управления реактором ИР-100

Являясь по своему назначению многопрофильным, реактор ИР-100 эффективно использовался более 45 лет для решения задач в области ядерных технологий.



Реактор ИР-100.
Продольный разрез:
1 — активная зона;
2 — короб откатный;
3 — отражатель; 4 — шибер подъемный;
5 — теплообменник;
6 — плита поворотная; 7 — механизм перегрузки; 8 — плита съемная; 9 — биологическая защита; 10 — бак экспериментальный; 11 — корпус реактора; 12 — щит; 13 — дверь откатная; 14 — тепловая колонна



Реактор ИР-100. Поперечный разрез:
1 — отражатель; 2 — подъемная защитная плита-шибер откатного короба; 3 — откатной короб; 4 — ТВС; 5 — экспериментальные каналы; 6 — горячая камера; 7 — пневмопочта; 8 — корпус бака аппарата; 9 — центральный экспериментальный канал; 10 — тепловая колонна; 11 — канал в тепловой колонне; 12 — массив защиты; 13 — горизонтальные экспериментальные каналы

Основные технические характеристики ИР-50

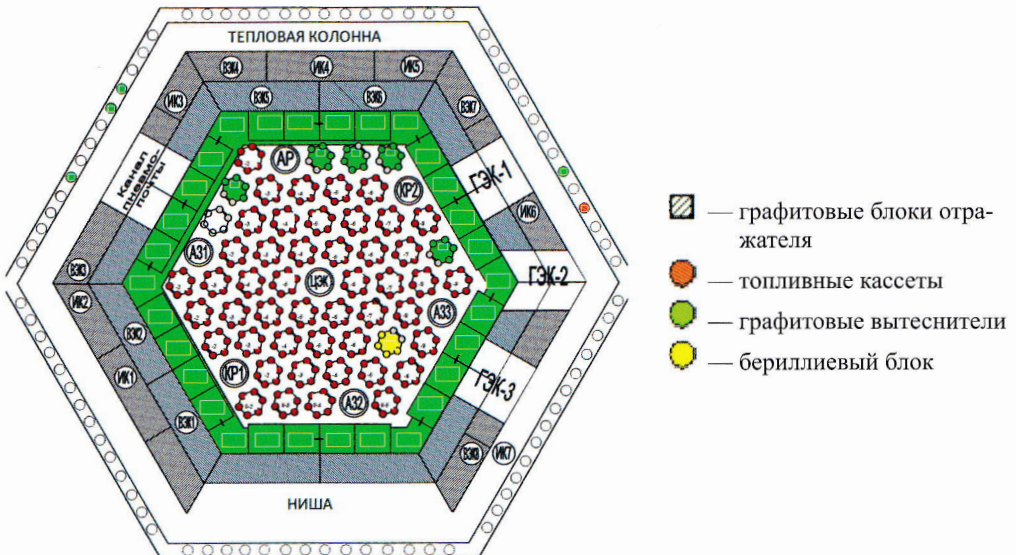
Тепловая мощность, кВт	200
Максимальный поток тепловых нейтронов в центре активной зоны, см ⁻² ·с ⁻¹	5,4·10 ¹²
Теплоноситель	вода
Замедлитель	вода
Отражатель	графит
Ядерное топливо	UO ₂
Обогащение по ²³⁵ U, %	10
Количество ТВС	45–50
Тип твэла	ЭК-10

Активная зона ИР-100

Активная зона реактора набрана технологическими каналами, представляющими собой бескожуховые ТВС. Каждая ТВС состоит из семи стержневых твэлов, расположенных в узлах правильной треугольной решетки с шагом 17 мм. Свободные ячейки решетки на периферии активной зоны в начале кампании заполнены графитовыми вытеснителями.

Ядерное топливо находится в твэлах марки ЭК-10, которые характеризуются следующими параметрами:

- наружный диаметр — 10 мм;
- материал оболочки — алюминий;
- толщина оболочки — 1,5 мм;
- длина активной части — 500 мм;
- форма, химический и нуклидный состав топлива — металлокерамический сердечник, состоящий из керамического топлива UO₂, пропитанного магнием;
- масса металлокерамического сердечника — 106,22 г;
- масса двуокиси UO₂ в металлокерамическом сердечнике — 92,4 г;
- масса урана в одном твэле — 81,18 г;
- обогащение ядерного топлива по ²³⁵U — 10%;
- масса магния в одном металлокерамическом сердечнике — 25,04 г.



Активная зона реактора ИР-100

Охлаждение активной зоны

Для отвода тепла при эксплуатации РУ ИР-100 организована двухконтурная система охлаждения.

Охлаждение активной зоны реактора происходит за счет естественной циркуляции дистиллированной воды через активную зону. Вода, нагретая в активной зоне, поднимается в верхнюю часть корпуса, переливается через внутреннюю обечайку корпуса и охлаждается в теплообменнике второго контура.

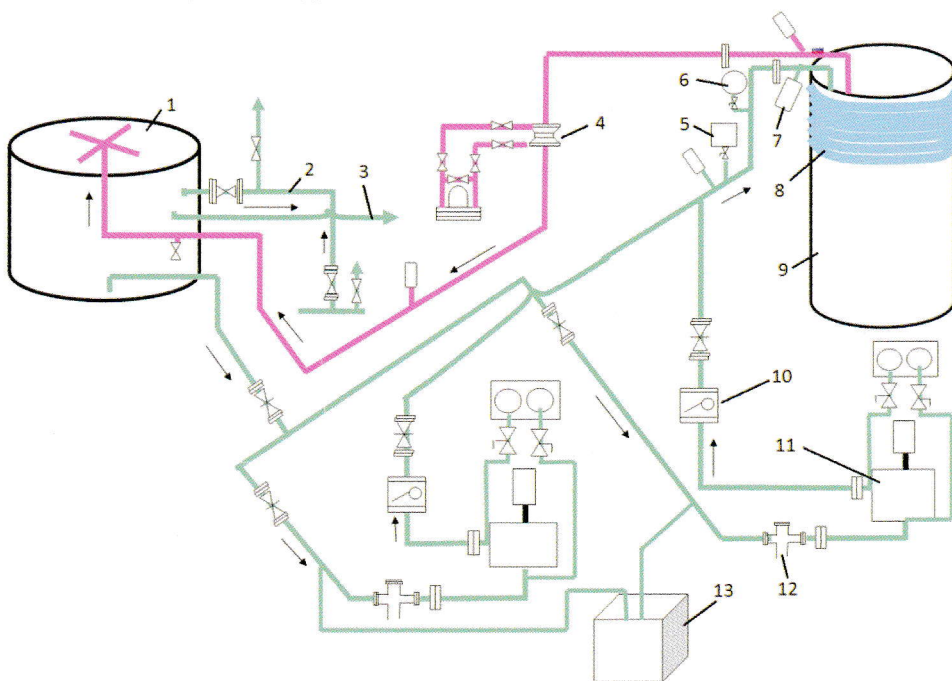


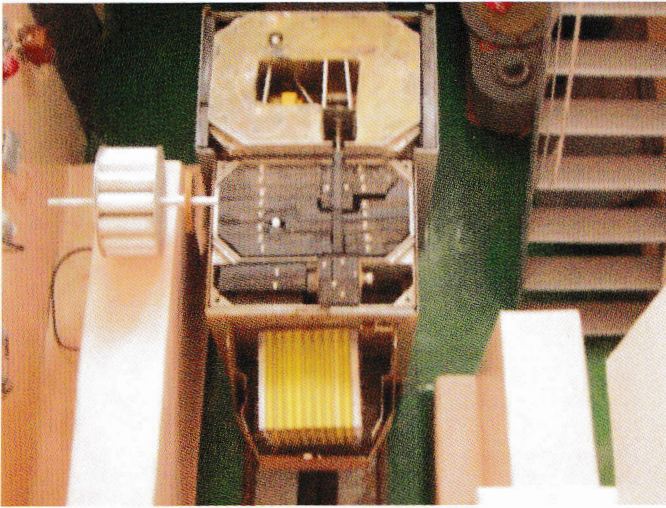
Схема системы охлаждения реактора ИР-100: 1 — бассейн с разбрызгивающими устройствами; 2 — заполнение от водопроводной магистрали ИР-100 в насосной выгородке; 3 — слив в канализацию; 4 — диафрагма ДКН-10-80; 5 — реле давления РД-М5; 6 — манометр; 7 — терморезистивный преобразователь; 8 — теплообменник; 9 — бак аппарата; 10 — насос НЦВ 25/30; 11 — невозвратный клапан; 12 — механический фильтр; 13 — приемок-кафердам

Теплообменник второго контура расположен в верхней части корпуса и выполнен в виде двух цилиндрических змеевиков. Циркуляция воды во втором контуре осуществляется с помощью циркуляционных насосов. Рабочей средой во втором контуре служит техническая вода, охлаждающаяся в брызгальном бассейне.

Экспериментальные возможности

В состав реакторной установки входят следующие экспериментальные устройства.

Экспериментальная ниша в биологической защите и отражателе размером 800×800 мм с откатным коробом. Короб служит для проведения экспериментов по ядерному легированию материалов, по изучению защитных свойств различных материалов от нейтронов и гамма-излучения, по изучению радиационной стойкости различных материалов, изделий и элементов радиоэлектроники, по минимизации биологических защит, для проведения различных медико-биологических экспериментов и т. д.



Экспериментальная ниша ИР-100 с откатным коробом

В носке короба плотность потока тепловых нейтронов — $\Phi = 2.4 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, и мощность дозы гамма-излучения — $A = 7,2 \cdot 10^5 \text{ Р/ч}$.

Тепловая графитовая колонна с аттестованной плотностью потока тепловых нейтронов в пределах $\Phi = 1,5 \cdot 10^4 - 9 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Экспериментальное устройство служит для получения нейтронов, распределенных по спектру Максвелла и проведению различных экспериментов с этими нейтронами, инверсии их полей в чистые поля гамма-излучения и нейтронные поля других энергий, для градуировки датчиков тепловых нейтронов и приборов, в которых они используются, для исследования чувствительности и работоспособности дозиметрической аппаратуры соответствующего типа.

Экспериментальная установка ИР-100 Сигма-Сигма. Установка позволяет воспроизводить вторичное стандартное нейтронное поле реакторов на быстрых нейтронах с групповыми потоками нейтронов внутри установки от 100 эВ до 10 МэВ.



Установка Сигма-Сигма

Это необходимо для уточнения нейтронных сечений материалов и определения сечений в тех случаях, когда они отсутствуют в справочной литературе.

Три горизонтальных экспериментальных канала диаметром 100 мм для вывода мононаправленных пучков нейтронов и гамма излучения.



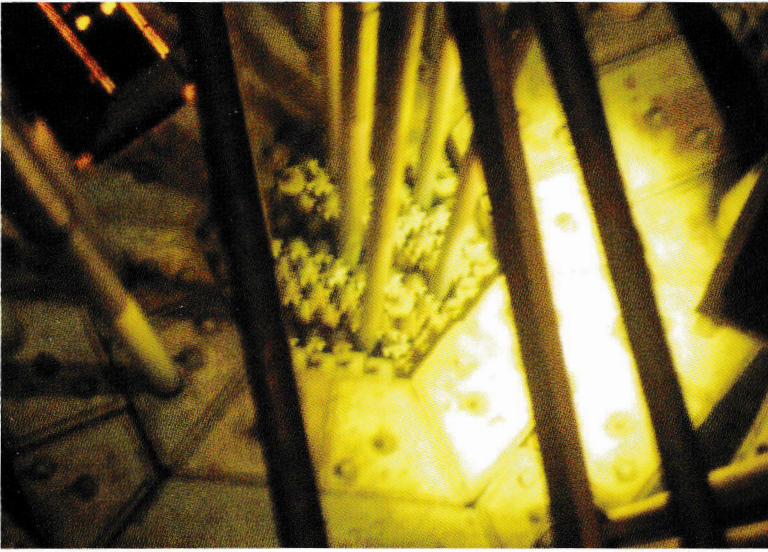
Зал вывода ГЭК ИР-100

Пучки служат для изучения процессов взаимодействия нейтронов реакторного спектра с различными материалами, для изучения углов рассеяния нейтронов различных энергий в различных материалах, для изучения различных компоновок биологических защит с целью их минимизации, для исследования сечений выведения в различных материалах и длин релаксаций в зависимости от энергии нейтронов, для уточнения микросечений взаимодействия нейтронов, для изучения спектральных изменений нейтронных пучков при прохождении защитных экранов, для изучения прохождения гамма-излучения через различные материалы, изучения изменения спектрального состава гамма-пучков.

Максимальная плотность потока тепловых нейтронов — $\Phi = 1,2 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, мощность дозы гамма-излучения — $A = 3 \cdot 10^6 \text{ Р/ч}$.

Центральный вертикальный экспериментальный канал диаметром 36 мм с аттестованной плотностью потока тепловых нейтронов в нем $\Phi = 5,4 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ и мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения $A = 4,5 \cdot 10^7 \text{ Р/ч}$. Канал служит для метрологии нейтронных и гамма полей, для исследования процессов в устройствах прямого преобразования ядерной энергии в электрическую, для исследования полей энерговыделения в реакторе, для исследования устройств, связанных с диагностикой состояния активной зоны, и других экспериментов.

Шесть вертикальных экспериментальных каналов диаметром 48 мм и два канала диаметром 76 мм с плотностью потока тепловых нейтронов до $\Phi = 2,5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ и мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения до $A = 4,5 \cdot 10^6 \text{ Р/ч}$.



Вид на ВЭК ИР-100

Каналы служат для проведения экспериментов по ядерной физике, физике ядерных реакторов, биологической защите и т. д.

Радиационная гамма-установка Рад ИР-100 диаметром 140 мм с мощностью дозы гамма излучения до 300 Р/ч и энергией гамма-квантов 0,66 МэВ. Установка служит для изучения влияния чистого гамма-излучения с определенной энергией на различные материалы.

Горячая камера для работы с радиоактивными веществами в открытом виде активностью до 9 г-экв. радия по ^{60}Co . Горячая камера оборудована дистанционными манипуляторами.



Горячая камера ИР-100

Пневмопочта предназначена для получения радиоактивных нуклидов с малым периодом полураспада, быстрого их извлечения из активной зоны, их изучения и анализа в помещении радиохимической лаборатории.



Вид радиохимической лаборатории ИР-100

Радиохимическая лаборатория предназначена для проведения радиохимических анализов различных сред в эксплуатационных и научных целях. Для этих целей используется следующая аппаратура:

- 2 анализатора импульсов АИ-1024-4 для спектрометрии гамма-излучения;
- спектрометр КС-100 для спектрометрических измерений и идентификации радиоактивных веществ;
- блоки детектирования спектрометрические;
- спектрофотометр СФ-46 для измерения дозы гамма-излучения по оптической плотности детекторов СГД-8;
- спектрометрическая установка «Robotron 2046» для бета-спектрометрии;
- анализатор импульсов АИ-256-6 на 256 каналов для спектрометрии гамма-излучения;
- портативная спектрометрическая рабочая станция «In Spektor» с компьютером типа Notebook с натрий-йодным и германо-литиевым детекторами на 4000 каналов для спектрометрии гамма-излучения.

Наиболее значимые работы

Нейтронно-активационный анализ

Облучение подготовленных проб производится в контейнерах из особо чистого алюминия.

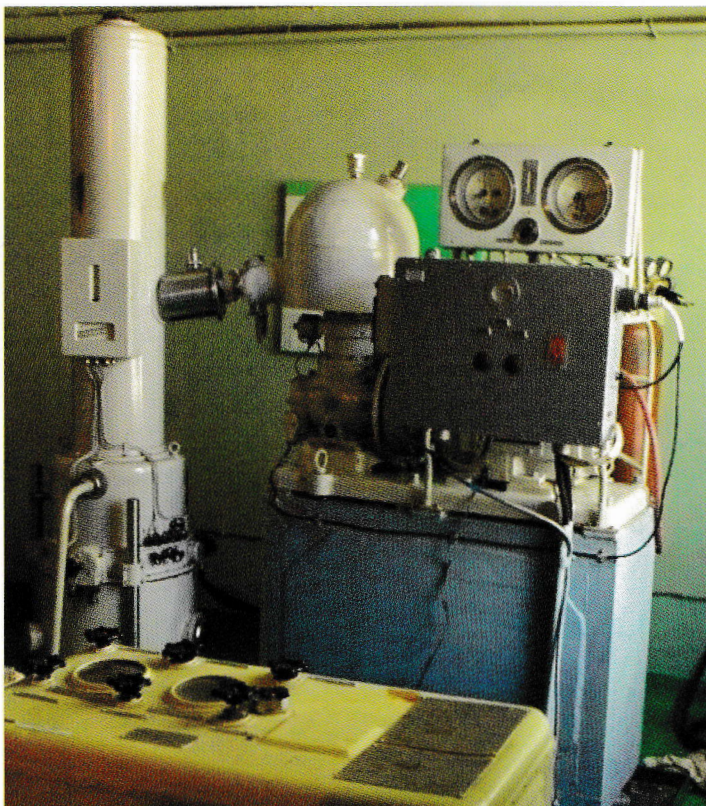
Направления, по которым возможно применение метода НАА:

- *качественный и количественный анализ геологических проб:*
 - определение содержания различных элементов в пробах горных пород;
 - определение содержания урана, тория в образцах пород;

- количественный анализ редкоземельных элементов;
- *экологические исследования*:
 - качественное и количественное определение химических элементов в объектах экологии;
 - баланс и проникновение элементов;
 - распределение элементов в окружающей среде и пути их поступления в организм;
- *контроль биологически активных добавок (БАДов)*:
 - контроль содержания тяжелых металлов;
 - определение содержания микроэлементов;
- *криминалистические и экспертные исследования* (например исследование нефтепродуктов).



Спектрометрический комплекс реактора ИР-100

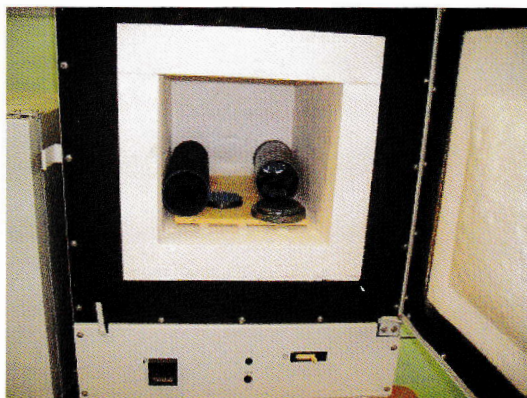


Азотная установка

Спектрометрические измерения проводятся на гамма-спектрометрическом комплексе производства CANBERRA с использованием полупроводникового детектора, изготовленного из особо чистого германия, работающего в среде жидкого азота. Для производства жидкого азота на ИР-100 имеется установка.

Ядерное легирование материалов

На реакторе ИР-100 освоена технология ядерного легирования кристаллов кремния фосфором. Облучение чистого кремния нейтронами осуществляется в экспериментальном коробе, в процессе облучения тепловыми нейтронами образуются радиоактивный изотоп кремния, который в процессе радиоактивного распада превращается в фосфор. Ядерное легирование отличается равномерностью по всей массе легированного материала и исключительной мелкодисперсностью легирования. После некоторой выдержки облученный материал становится абсолютно нерадиоактивным и может использоваться в радиоэлектронной промышленности.



Оборудование для отжига облученного кремния

Оборудование для травления после отжига облученного кремния



Спектрофотометр СФ-56



Измерительный комплекс

Изменение потребительских свойств минералов под воздействием смешанных нейтронных и гамма полей

Под воздействием облучения в экспериментальных каналах реактора минералы приобретают устойчивый окрас, при этом их потребительская стоимость возрастает. Глубина окраса, цвет облученных минералов варьируется в зависимости от спектра облучения и времени облучения. Облучению могут подвергаться как драгоценные, так и полудрагоценные камни. Достигнуты хорошие практические результаты.

Получение радиофармпрепаратов для медицинских целей

На реакторе ИР-100 имеется технология получения радиоактивного технеция-99. Данный препарат применяется в медицине для диагностирования различных заболеваний на ранней стадии. В условиях реактора ИР-100 возможно получение молибдена-99 путем облучения в экспериментальных каналах исходного материала молибдата аммония, а дочерним продуктом распада молибдена-99 является изотоп технеция-99. Этот изотоп извлекается радиохимическими методами.

Определение эффективности биологической и радиационной защиты различных объектов и эффективность защитных свойств различных материалов

Разработаны методики определения коэффициентов ослабления материалов от нейтронных и гамма-излучений реакторного спектра и исследования защитных свойств экранов с последующей их оптимизацией по составу и эффективности (в широком диапазоне энергий: для нейтронов — от тепловых до 14 МэВ, гамма-излучения — от рентгеновского до 5 МэВ).

Оценка детекторов прямого заряда (ДПЗ) перед использованием в системах внутриреакторного контроля энергоустановок

Имеется методика и аппаратура для исследования характеристик ДПЗ перед использованием в системах внутриреакторного контроля.

**Выполнение перезарядки закрытых источников
ионизирующих излучений в горячей камере**

Отработана технология перезарядки закрытых источников в горячей камере с активностью до 9 г-экв. радия.

**Определение содержания редкоземельных элементов в геологических пробах,
отвалах горнорудного производства, шламовых водах и т. д.**

Методика на основе нейтронно-активационного анализа позволяет определять редкоземельные элементы (скандий, цирконий, ниобий, гафний, ванадий, тантал и др.) и элементы платиновой группы (рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина, золото и др.) в отвалах горнорудного производства, геологических пробах и т. д. при концентрациях примерно несколько микрограмм элемента на килограмм породы.

**Проведение многоэлементного нейтронно-активационного анализа поверхностных
и морских вод, сточных и жидких атмосферных осадков, а также твердых образцов
объектов окружающей среды, включая донные отложения пресных и морских водоемов**

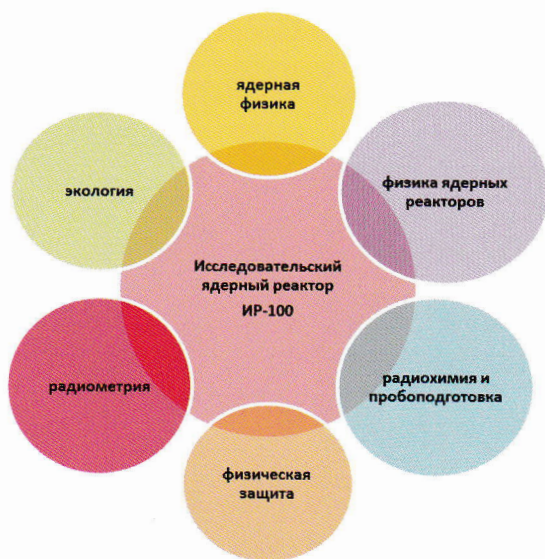
Анализ проводится с использованием многоканального полупроводникового гамма-спектрометрического оборудования (германо-литиевый детектор) и облучением образцов в экспериментальных каналах.

**Проведение исследований по влиянию воздействия гамма-излучения
и смешанных гамма-нейтронных полей на сельхозкультуры и виноматериалы**

Обработка виноматериалов и сельскохозяйственных культур в экспериментальных каналах для исследования влияния гамма- и нейтронного излучения с целью повышения устойчивости к воздействию вредных бактерий, улучшения органолептических свойств виноматериалов и повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Стерилизация препаратов и медицинского оборудования

Участие в учебном процессе





Выполнение лабораторных работ студентами на реакторе ИР-100

Основные достижения. Открытия. Работы, значимые для отрасли и государства

Научно-исследовательские работы на реакторе велись, в первую очередь, в интересах ВМФ и МО СССР. Впервые в стране совместно с в/ч 27177 и Всесоюзным институтом источников тока была экспериментально доказана возможность прямого преобразования ядерной энергии в электрическую.

Проведен ряд экспериментальных работ по исследованию различных материалов для повышения КПД, надежности и устойчивости термоэлектрических преобразователей ядерной энергии в электрическую.

Выполнен ряд экспериментальных исследований по вопросам эффективности и минимизации биологических защит.

Исследован широкий спектр современных элементов автоматики на радиационную стойкость.

Часть экспериментальных данных включены в справочники ядерных констант.

Выполнялись на основе хозяйственных договоров работы других ведомств. Заказчиками были предприятия из различных городов страны: Пензы, Ленинграда, Таганрога, Москвы, Новосибирска, Таллинна, Воронежа, Харькова, Севастополя, Самарканда.

За прошедшие годы проводились исследования нейтронно-физических характеристик ядерного реактора, исследования по защите ядерных установок, исследования выго-

рающих добавок в стержнях компенсации, по диагностикам активных зон, оптимизации аварийной защиты, радиационной стойкости электронных и оптических приборов, охране окружающей среды и др.

По материалам работ, выполненных на реакторе, защищены 5 докторских и 30 кандидатских диссертаций. На базе реактора прошло несколько научно-технических конференций с участием ведущих ученых страны. В 1977 г. в стенах реактора ИР-100 было проведено выездное заседание Бюро отделения физико-технических проблем энергетики АН СССР.

Накоплен значительный опыт, знания и умения.

Перспективы использования

В настоящее время рассматриваются варианты дальнейшего использования исследовательского реактора ИР-100 в следующих проектах:

- нейтронно-активационный анализ;
- количественный анализ редкоземельных элементов;
- определение микропримесей в веществе;
- исследования в области диагностики активных зон реакторов;
- испытание материалов на радиационную стойкость;
- радиационное легирование высокоомного монокристаллического кремния;
- длительные испытания образцов-свидетелей корпусов реакторов;
- исследования поглощенной дозы гамма-излучения в веществе;
- исследования в области медицины;
- определение процентного содержания урана в руде;
- повышение качества сельскохозяйственной продукции;
- изменение свойств минералов;
- исследования в области ядерной и молекулярной физики.

История

Идея строительства собственного исследовательского ядерного реактора возникла на кафедре ядерных реакторов и парогенераторов Севастопольского высшего военно-морского инженерного училища (СВВМИУ). Ее автором был в 1959 г. начальник кафедры, к. т. н., доцент А. А. Саркисов, а в практической реализации под его руководством участвовали все преподаватели: Я. М. Райкин, Г. Н. Иванов, В. И. Иванов, С. Я. Чупрынин, А. А. Лукьянов, И. А. Попов, П. Л. Пономаренко. Предложение нашло горячего сторонника в лице начальника училища, легендарного инженера-механика, подводника Великой Отечественной войны Крастелева Михаила Андронниковича, в будущем профессора, вице-адмирала.

Реактор ИР-100 стал первым в системе высших военно-морских учебных заведений страны.

С 1963 г. началась интенсивная работа по претворению этого решения в жизнь. Реактор был спроектирован и изготовлен Научно-исследовательским и конструкторским институтом энерготехники (НИИКИЭТ), который до 2000 г. возглавлял академик Н. А. Доллежалъ.

Техническое сопровождение строительно-монтажных работ, согласование возникающих многочисленных, характерных для любого нового и ответственного дела, вопросов осуществлялось небольшим, но чрезвычайно работоспособным и грамотным коллективом, состоящим из офицеров кафедры и только что назначенных сотрудников лаборатории: Г. Н. Иванова, П. А. Пономаренко, Э. В. Федорина, Н. И. Однолеткова, Н. Т. Кужель, В. П. Дьячкина, Г. Г. Бельмисова.

Первым начальником лаборатории был назначен инженер-капитан 2 ранга Г. А. Чекин. Герман Александрович Чекин — выпускник ВВМИОЛУ им. Ф. Э. Дзержинского, 1950 г.

В апреле того же года в лабораторию ИР-100 прибыл научный руководитель физпуска, начальник отдела НИКИЭТ, доктор технических наук, профессор Л. В. Константинов. Вместе с А. А. Саркисовым он проверил готовность лаборатории, пусковой и эксплуатационных команд к проведению физпуска, и по результатам проверки был подписан соответствующий акт, и определена дата физпуска.

18 октября 1967 г. главнокомандующий ВМФ утвердил акт приемки реактора в эксплуатацию и подписал приказ № 316 о вводе лаборатории с реактором ИР-100 в состав действующих объектов флота.

Учебно-исследовательский комплекс с реактором ИР-100 стал подлинной гордостью научно-экспериментальной базы училища. Если учесть, что в Советском Союзе, кроме Российской Федерации, исследовательские реакторы существовали только в двух из 15 республик, то сам факт сооружения ИР-100 в военно-морском инженерном училище, да к тому же в Крыму, следует считать событием исключительным.

Проведенные реконструкции (модернизации) ИР-100

1972 г. Повышение мощности до 200 кВт (первоначальная тепловая мощность — 100 кВт). 13 сентября 1972 г. ядерный реактор ИР-100 был выведен на новый уровень мощности — 200 кВт. Мощность реактора увеличена без изменения существующей конструкции активной зоны и отражателя, практически без увеличения загрузки активной зоны ядерным топливом с сохранением режима естественной циркуляции теплоносителя 1-го контура, путем более полного использования резервов, заложенных в расчеты.

1975 г. Установка критической сборки. Был произведен пуск уран-водной критической сборки с тремя вариантами сменных решеток, имеющих различный шаг. Появилась возможность обучать курсантов и персонал лаборатории методологии физпуска ядерного реактора, измерениям и исследованиям нейтронно-физических характеристик в реальных условиях.

1977 г. Замена СУЗ, КУРК. Промышленная система управления и защиты (СУЗ-ИР-100), разработки НИКИЭТ была заменена на СУЗ реакторов 2-го поколения ПЛА. Проведены соответствующие экспериментальные исследования, и разработана эксплуатационная и технологическая документация.

В настоящее время (2015) реактор ИР-100 имеет лицензию на эксплуатацию ЕО № 00031 от 10.10.2007 г., выданную ГКЯР Украины.

Персоны



Мартемьянов Игорь Николаевич

Начальник научно-исследовательской лаборатории «ИР-100» (1971–1986)

Контакты



Коваленко Алексей Борисович

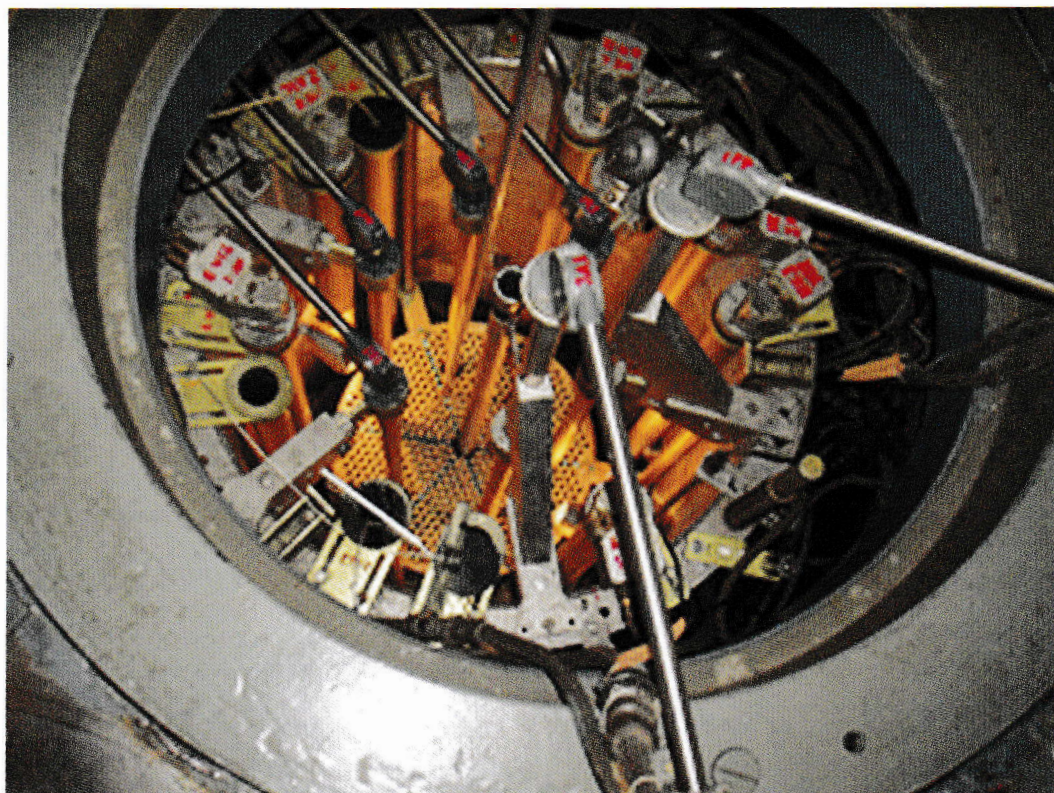
Начальник исследовательского ядерного реактора ИР-100

Тел.: +7(978)723-69-23.

E-mail: kovalenko_ir-100@mail.ru

КРИТИЧЕСКИЙ СТЕНД СФ

Физический стенд — критическая уран-водная сборка (КС СФ), расположенная в массиве биологической защиты реактора ИР-100, — является уникальной экспериментально-учебной установкой. Проект стенда разработан в НИКИЭТ в 1973 г. Физический пуск КС СФ состоялся 17 июля 1974 г.



Критический стенд СФ

КС СФ является составной частью исследовательского комплекса ИР-100 и представляет собой систему, включающую критическую сборку и оборудование, необходимое для