# Конспект занятия 6.

## Цель.

Познакомить слушателей с техническими характеристиками исследовательского реактора ИВВ-2, результатами его модернизации, устройством активной зоны и его возможностями и приспособленностью для проведения реакторных испытаний. Рассмотреть картограмму активной зоны и распределения потоков излучений по экспериментальным каналам.

## План.

1. Исследовательский реактор ИВВ-2- пример максимально возможного использования оборудования типового проекта ИРТ-2000.

2. Модернизация исследовательского ядерного реактора ИВВ-2.

3. Картограмма, исследовательские каналы, распределения потоков излучений.

Водо-водяной исследовательский ядерный реактор бассейнового типа ИВВ-2 мощностью 5000 кВт был создан на базе серийного реактора ИРТ-2000,исходя из принципа максимально возможного использования оборудования, изготавливаемого для реакторов данного типа. Физический пуск этого реактора, предназначенного для широкого круга исследовательских работ в области ядерной физики, физики твердого тела, радиохимии, производства изотопов, радиационного материаловедения и д.р. состоялся в г. Заречный Свердловской области в 1966 году [8].

Десятилетний опыт эксплуатации реактора ИВВ-2 показал принципиальную возможность его использования для многоцелевых инженерных исследований, имеющих важное значение для решения практический задач современного реакторостроения.

 Модернизация реактора предусматривала:

-замену штатных тепловыделяющих сборок на ТВС трубчатого типа,

-усовершенствование системы управления путем применения малогабаритных сервоприводов, устанавливаемых непосредственно над каналами стержней СУЗ (Система управления и защиты),

-увеличение расходов теплоносителя и охлаждающей воды, развитие теплопередающей поверхности теплообменника, увеличение интенсификации теплообмена.

 Проведенная реконструкция позволяет повысить мощность реакторной установки до 20 МВт и расширить её экспериментальные возможности путем набора активных зон из 36, 52 и 58 тепловыделяющих сборок с организацией нейтронных "ловушек" диаметром до 130 мм, с обеспечением в них плотности нейтронных потоков (5,5-6,5) I014 н/см2 с.

 В реакторе осуществлена идея размещения в бассейне теплообменника со встроенным в него осевым насосом первого контура.

Принятая схема движения теплоносителя сверху в низ позволила от­казаться от ряда конструктивных усложнений

бассейновых реакто­ров, работающих по схеме снизу-вверх, освободила комплекс технологических помещений и не внесла (как показал опыт эксплуатации) трудностей принципиального порядка.

 Комплекс исследований связанный с анализом вопросов физи­ки многоловушечных систем, позволил остановиться на основной конфигурации зоны из шести подкритических секций, нейтронная связь между которыми может осуществляться через бериллиевые, графитовые блоки или водяные зазоры.

 Наибольший запас реактив­ности и меньшая неравномерность поля энерговыделения соответствуют бериллиевой связке секций (рис. 2.3).

 Активная зона набирается из стандартных по форме и размерам элементов (как ТВС, так и блоков отражателя), представляющих собой шестигранные призмы, размещаемые с минимально допустимым зазором в треугольной решетке с шагом 64 мм.

 Конструктивное решение реактора и блочная структура активной зоны и отражателя позволяют создавать различные компоновки зоны, изменять количество секций, их размеры и размещение на опорной решетке, а также изменять размеры экспериментальных устройств, их нейтронно-физические и теплотехнические характеристики.

 До 1977 г. активная зона набиралась из. шестигранных ТВС с 42-мя оребренными твэлами диаметром 7,2 мм с обогащением по урану-235 90 % (на основе интерметаллида урана UAI4 ) , в алюминие­вой очехловке из материала CAB-I, расположенными в 2 ряда.

 Тепловыделяющая сборка (ТВС) с внутренней полостью диаметром 30 мм имеет среднюю мощность 80 кВт, максимальную ~ 360 кВт при расходе теплоносителя

~I5 м3 /ч.

 Высокие размножающие свойства зоны, значительное удельное содержание топлива, наличие бериллиевого отражателя - всё это обеспечивало «жесткий» спектр нейтронов, особенно в "водной" полости ТВС , где кадмиевое отношение ~3, а также высокие плотности нейтронных потоков (3,0-4,0) I014 н/см2с по тепловым и до I014 н/см2 по быстрым нейтронам с энергией Е ~ I МэВ.

Графит

Бериллий

ТВС

ВЭК

АЗ

Бассейн

Защита

ТК

ТК

ГЭК

ГЭК

КЭК

Рис.2.3. Картограмма активной зоны и горизонтальный разрез реактора ИВВ-2М.

 Компоновка активной зоны из 6 секций представлена на рис.2.3. Такая конфигурация позволяет иметь центральную бериллиево-водную полость диаметром I00 мм, шесть водных полостей активной зоны с жестким спектром

диамет­ром 64 мм, а в отражателе активной зоны могут быть сформированы бериллиево-водные полости диаметром до 150 мм.

 С 1977 г. активная эона ИВВ-2 эксплуатируется на базе ТВС трубчатого типа. Перевод активной зоны на сборки трубчатого типа является одним из важнейших моментов, заложенных в физико-инженерное обоснование реконструкции.

 ТВС типа ИВВ-2м изготовлена на основе 5 трубчатых твэлов
шестигранного профиля. В центре ТВС имеется водяная полость диаметром ~ 30 мм.

 Топливом является композиция дисперсионного типа из диоксида урана в алюминиевой матрице. Номинальная загрузка урана-235 ( обогащение ~ 90 % ) в ТВС равна 225 г.

 Новая тeплoвыдeляющaя сбopкa по сpaвнeнию со стepжневoй имеет более высокое ( в 1,3 раза) удельное содержание топлива, более развитую ( в 1,5 раза) поверхность теплосъема, меньшую неравномерность энерговыделения.

 По своим параметрам ТВС ИВВ-2м может быть отнесена к лучшим современным тепловыделяющим сборкам.

Основные характеристики реактора ИВВ-2

Количество ТВС (начало-конец кампании) - 36-42

Количество секций- 6

Количество ТВС в одной секции - 6

Полная загрузка урана-235 - 6,5 кг

Обогащение горючего изотопом урана 235- 90 %

Номинальная мощность реактора, МВТ- 10

Расход теплоносителя I-ого контура, м3/ ч - 1100-1200

Расход теплоносителя через ТВС, м3/ ч - 13+15

Расход теплоносителя 2-ого контура, м3/ ч- 550-950

Плотность потока тепловых/быстрых ( Е> I МэВ) нейтронов:

-в активной зоне (ТВС), н/см2с- 5\*I0I4/I\*I014

-водяная полость секции с ТВС- 3\*I0I4/5\*I013

-водяная полость центральной «ловушки"- 4\*I0I4/I.2\*I0I3

-бериллиевый блок (I ряд отражателя), н/см2с- 2\* I0I4/3\* I013

 Исследовательский комплекс ИВВ-2М оснащен современным оборудованием для проведения дореакторных и внутриреакторных испытаний, а также цепочкой защитных камер, позволяющих изучать физико-механические характеристики облученных материалов.

 Реактор оснащен также штатными устройствами для облучения:

- восемью горизонтальными каналами (из них два сквозных касательных и две тепловые колонны )

- шестью вертикальными каналами.

 Это позволяет вести широкий круг фундаментальных исследований по физике твердого тела ,в частности, по изучению магнитных свойств металлов, по взаимодействию"холодных" нейтронов с веществом и т.п.

 На рис.2.3 представлен горизонтальный разрез реактора ИВВ-2 и местоположение экспериментальных каналов.

 В настоящее время в активной зоне реактора ИВВ-2М может размещаться одновременно до 45 экспериментальных установок.

 Texнологический цикл эксплуатации предусматривает последовательный переход от зоны 36 кассет к зоне в 42 кассеты по годовой схеме 36-42-36-42 с остановками для планово-предупредительных ремонтов, догрузки и перегрузки топлива. Остановка на догрузку или перегрузку осуществляется при запасе реактивности ~1 % с последующим расчетом загрузки, обеспечивающей кампанию реактора в течение 80 - 90 суток.

 Организационный цикл эксплуатации базируется на круглосуточной непрерывной работе, включая и выходные дни. По временной эффективности (с коэффициентом мощностного использования 70 %, отнесенного к общему годовому фонду времени) реактор ИВВ-2 практически не имеет аналогов среди родственных аппаратов в РФ.

 Стендовая база реактора обеспечивает:

-исследования конструкционных материалов в режимах

кипе­ния и перегретого пара с имитацией работы реальных технологических контуров АЭС в диапазоне давлений до 20 МПа, температур до 45О°С, с тепловыми нагрузками до 1МВт/м2

- исследования в условиях, близких к натурным, топливных композиций, деталей конструкций ТВС и конструкций твэлов в сборе, с возможностью исследования процесса газовыделения в ходе облучения, применительно к задачам ядерной энергетики, а также применительно к проблемам высокотемпературных реакторов;

- проведение канальных исследований внутриреакторной ползучести в диапазоне температур до 1400 °С при нагрузках до 300 МПа,

-радиационные испытания конструкционных материалов в заданных парогазовых смесях в широком диапазоне температур ( до 800 °С), в том числе для исследования коррозионной стойкости циркониевых сплавов;

-испытания полномасштабных ТВС транспортабельных энергетических установок типа "Север" в диапазоне давлений

до 7 МПа с возможностью применения систем жидкостного

регулирования температуры;

 - исследования физико-механических характеристик, в том числе и газовыделения из перспективных материалов биологической защиты АЭС и ЯЭУ с возможным поддержанием параметров по темпе­ратуре до 800 °С и вакуума до 10-3 Па;

-комплексное исследование датчиков внутризонного контроля
применительно к большим активным зонам высоконапряженных энергетических реакторов;

-исследование ядерных характеристик конструкционных материалов, в том числе измерения полных сечений взаимодействия, дифференциальных сечений рассеяния быстрых нейтронов.