# Конспект занятия 8.

## Цель.

Познакомить слушателей с техническими характеристиками исследовательских реакторов БР-10 и МИР, устройством их активных зон, их возможностями для проведения реакторных испытаний. Рассмотреть картограммы активных зон и распределения потоков излучений по экспериментальным каналам.

## План.

1. Исследовательский реактор БР-10 – база проверки работоспособности элементов активных зон быстрых реакторов. Направления научных исследований и возможности постановки реакторных испытаний.

2. Исследовательский реактор МИР и постановка экспериментов по ресурсным испытаниям ТВС. Моделирование аварийных ситуаций.

**Исследовательский реактор БР-10**

Реактор на быстрых нейтронах БР-10 [10] находится в Физико-энергетическом институте (ФЭИ г,Обнинск) и является модернизированной моделью реактора БР-5. Мощность реактора 10 МВт. (рис. 2.8.).

Реактор предназначен для:

I) испытания твэлов и экранных элементов быстрых реакторов ;

2) испытания отдельных узлов технологического оборудования быстрых реакторов и накопления опыта работы с жидкометалляческим контуром охлаждения;

3) проведения ядерно-физического и материаловедческого комплекса работ для исследования свойств веществ под воздействием интенсивных потоков быстрых нейтронов.

Основные характеристики реактора следующие:

- мощность 10 МВт;

- максимальный поток быстрых нейтронов 5\*10 15 н/см 2 с.

удельное энерговыделение 460 кВт/л;

температура теплоносителя 500 °С.

- топливо - диоксид плутония,

- отражатель - диоксид урана.

Активная зона реактора состоит из 80-ти шестигранных сборок, которые содержат по 19 цилиндрических твэлов диаметром 5 мм, длиной 280 мм при толщине стенки 0,4 мм.

Сборки активной зоны могут заменяться экспериментальными каналами.

В отражателе реактора имеется два канала диаметром 50мм и один канал диаметром 70 мм. В физический зал реактора выведены 5 ГЭК с диаметрами 40 мм, в том числе тепловая колонна (рис.2.9).

Два ГЭК имеют поток быстрых нейтронов 6\*109 н/см 2 с. Один ГЭК с потоком промежуточных нейтронов 5\*108 н/см2 с и один

ГЭК с потоком тепловыми нейтронами 5\*107 н/ см2с. Тепловая колонна с потоком тепловых нейтронов 5\*1012 н/ см2с.

В центре активной зоны реактора установлен канал для петлевых испытаний, который имеет независимое охлаждение жидким металлом. В канал возможно помещение устройств диаметром 20 мм.

1

2

3

4

6

7

8

7

6

5

Рис. 2.8. Разрез реактора БР-10: 1-крышка, 2- корпус, 3- контур охлаждения АЗ ( Na ), 4- бассейн с Na, 5- контур воздушного охлаждения зоны отражателя, 6- АЗ, 7- отражатель, 8- защитная газовая подушка.

1. 2 3 4

5

6

9

8

7

Рис.2.9.Расположение ВЭК и ГЭК

на реакторе БР-10.

|  |  |
| --- | --- |
| № ВЭК | Поток быстрых нейтронов  Ф\*1014н/см2с |
| 1 | 50 |
| 2 | 1,0 |
| 3 | 1,0 |
| 4 | 10 |

|  |  |
| --- | --- |
| № ГЭК | Поток нейтронов  Ф\*109 н/см2с |
| 5 | 500-тепловые |
| 6 | 6,0-быстрые |
| 7 | 6,0-быстрые |
| 8 | 0,5-промежуточные |
| 9 | 0,05-тепловые |

**Исследовательский реактор МИР.**

По совокупности экспериментальных возможностей реактор МИР[6,9] один из наиболее крупных исследовательских реакторов в мире, позволяющий проводить экспериментальную отработку новых конструкций ТВС для усовершенствования топливного цикла действующих энергетических реакторов и для обеспечения проектов новых установок.

Для решения этой проблемы используются высокопоточные реакторы канального типа с твердым замедлителем, который необходимо охлаждать во время работы реактора. Наиболее простой и удобный способ охлаждения: помещение реактора в бассейн с водой.

Картограмма активной зоны реактора МИР показана на рис.2.10. Технические характеристики представлены в табл. 2.3.

Активная зона реактора состоит из бериллиевой кладки, пронизанной каналами с топливными сборками. Бериллиевая кладка выполнена из шестигранных блоков с размером «под ключ» 150 мм и высотой 1100 мм.

Первые четыре ряда блоков и центральный блок имеют осевые цилиндри­ческие отверстия диаметром 80 мм для установки каналов с топливными сборками и петлевых эксперимен­тальных каналов.

Пятый ряд бериллиевых блоков таких отверстий не имеет и является внутренним слоем отра­жателя. За внутренним слоем отражателя следует внеш­ний слой, состоящий из трех рядов графитовых блоков тех же размеров, облицованных алюминием.

Блоки кладки установлены с зазором 1,5 мм. По этим зазорам циркулирует вода, охлаждающая кладку реак­тора.

Топливные сборки, рабочая длина которых 1000 мм, состоят из шести вставленных один в другой трубчатых тепловыделяющих элементов с сердечником из металлокерамики (смесь диоксида урана с алюминием) и с оболочкой из алюминиевого сплава и загружаются в прямо­точные циркониевые каналы. Верхний конец каж­дого канала входит в систему напорных коллекторов и уплотняется специальной пробкой.

Нижний конец канала входит в соответствующую отводящую воду трубку и уплотняется резиновым уплотнением.

Часть топливных сборок, загружаемых в периферий­ные ряды активной зоны, подвижные и могут переме­щаться в вертикальном направлении, при этом управле­ние происходит дистанционно с пульта. Эти сборки соединены с расположенными над ними поглотителями, состоящими из облицованного нержавеющей сталью кад­мия. В крайнем нижнем положении топливная сборка находится под активной зоной реактора, а в активной зоне располагается поглотитель. При перемещении подвижной сборки в крайнее верхнее положение в актив­ную зону входит топливная сборка, а поглотитель вы­водится из активной зоны. Подвижные топливные сборки могут перемещаться при работе реактора и оставаться в любом промежуточном положении.

Помимо подвижных топливных сборок для регули­рования процессом в реакторе предусмотрено еще 17 поглощающих стержней, размещаемых в каналах бериллиевой кладки между каналами с топливными сборками. Шесть этих стержней используются в качестве аварийной защиты, два с работающим и резервным автоматическими регуляторами, остальные в качестве компенсирующих.

Петлевые каналы реактора устанавливаются вместо каналов с топливными сборками. Количество устанавли­ваемых в активную зону топливных сборок зависит от числа действующих петлевых каналов и может изменяться от 25 до 43, причем в их числе всегда имеется 12 подвижных сборок. Максимальное число петлевых каналов 18.

Облучательные устройства можно установить во внутреннюю полость тепловыделяющего элемента любой топливной сборки реактора.

Необходимо отметить, что на рис. 2.10. показана одна из возможных картограмм загрузки активной зоны реактора.

Для испытаний и исследований на реакторе МИР имеются:

- физическая модель реактора (критический стенд) с набором средств и методов определения нейтронно-физических условий облучения объектов устанавливаемых в реактор;

-комплекс устройств и методик для промежуточного периодического обследования состояния испытываемых твэлов и ТВС в процессе облучения (измерение объема, геометрических размеров, толщины и состава отложений, выгорания топлива);

-установка для контроля герметичности твэлов в процессе облучения по концентрации носителей запаздывающих нейтронов или гамма-активности теплоносителя;

-система для непрерывного анализа состава гамма-активных продуктов в теплоносителе петлевых установок методом гамма-спектрометрии;

-устройства для моделирования режимов работы твэлов с маневрированием или с «набросом» мощности;

-комплекс устройств и методик химического анализа состава теплоносителя;

-облучательные устройства для испытаний твэлов в различных средах и режимах;

-две защитные камеры для сборки и разборки облучательных устройств и проведения первичных постреакторных исследований (осмотр, гамма-сканирование, измерение размеров и массы облученных изделий).

Основные направления исследований и научные результаты:

-испытания прототипных твэлов и ТВС для активных зон промышленных реакторов нового поколения повышенной безопасности в режимах, соответствующих проекту.

-имитация аварийных режимов промышленных реакторов ВВЭР и изучение поведения твэлов и ТВС.

-исследование поведения твэлов с глубоким выгоранием для определения их ресурса.

-изучение влияния отклонений от штатных режимов работы (водная химия, кризис теплоотдачи и пр.) на состояние твэлов и ТВС.

-получение радионуклидов 60Со, 192Ir и др.

-испытания новых ТВС для исследовательских реакторов.

Главный результат работы реактора – обеспечение испытаний экспериментальных твэлов и ТВС в заданных нейтронно-физических, тепло-гидравлических и водно-химических режимах, включая специальные, имитирующие аварийные, переходные и другие ситуации.

Изменения состояния твэлов и ТВС изучают как в процессе облучения, так и при последующих материаловедческих исследованиях.

Суммарные научные выводы делают по завершению всего комплекса работ и используют для обоснования новых конструкций ТВС перспективных реакторов.

Имитационные аварийные эксперименты позволяют изучить поведение твэлов и ТВС в режимах проектных и за проектных аварий, а также верифицировать расчетные коды.

**1 2 3 4 5 6 7**

Рис.2.10 . Картограмма активной зоны реактора МИР:

1-топливная сборка, 2-бериллиевый блок отражателя,

3-графитывый блок отражателя, 4-место для петлевых каналов, 5- центральная полость, 6- вода бассейна,

7- корпус реактора.

Таб.2.3.

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Мощность тепловая, МВт | До 100 |
| Максимальная плотность потока тепловых нейтронов, см -2с-1 | 5·1014 |
| Топливо | металлокерамика с  диоксидом урана UO2 |
| Обогащение, % | 90 |
| Замедлитель | Бериллий + вода |
| Отражатель | Бериллий |
| Теплоноситель | Вода |
| Среднее выгорание 235U, %:   по активной зоне;   в выгружаемом топливе | 10-25  40 |
| Число петлевых каналов:   с водой под давлением;   с кипящей водой;  пароводяных;   газовых | 4  4  2  1 |
| Продолжительность эксплуатационного цикла, сут | до 40 |
| Суммарное годовое время работы на мощности, сут | до 240 |
| Температура теплоносителя, оС:   на входе в активную зону;   на выходе из активной зоны | 40 - 70  До 100 |
| Расход теплоносителя через активную зону,т/ч | 2000 - 3000 |
| Давление в первом контуре,МПа | 1,5 |