

Конспект занятия 4.

Цель.

Предложить одну из возможных классификаций реакторных испытаний и привести пример реализации пассивной и активной методики испытаний.

План.

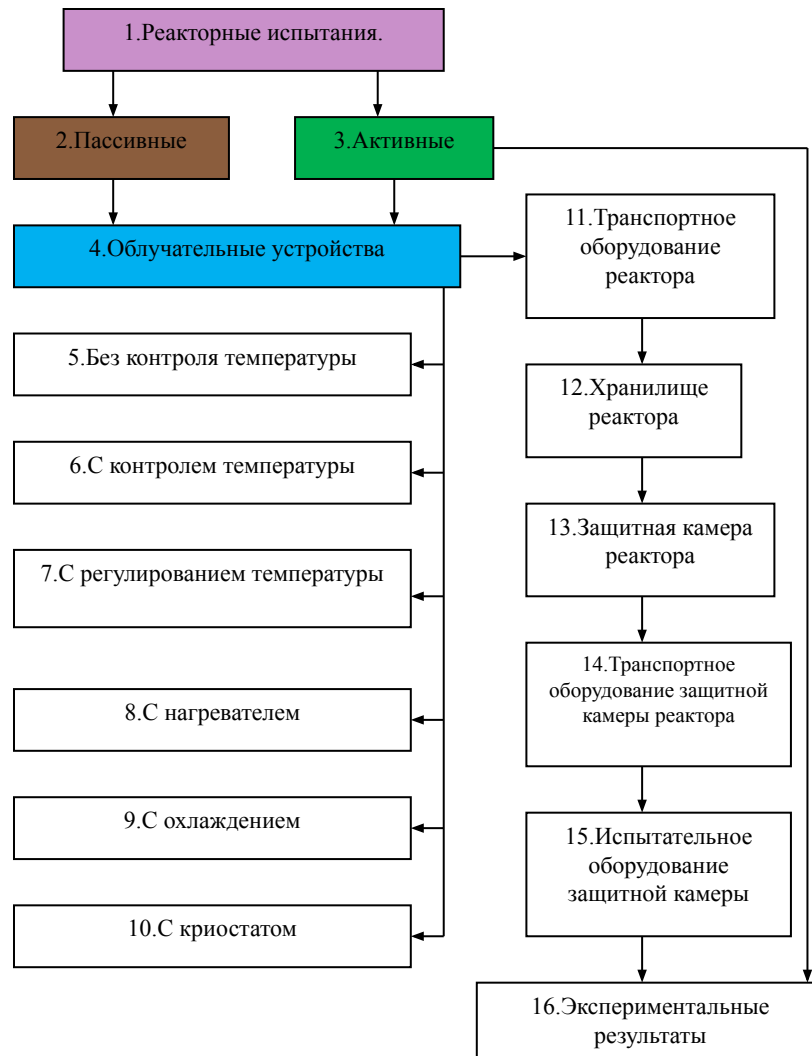
1. Классификаций реакторных испытаний.
2. Пример реализации пассивной и активной методик испытаний.

Фактически классификацией реакторных испытаний мы начали заниматься еще в предыдущем разделе, рассматривая вопросы стандартизации.

Примером классификации является рубрикатор каталога методик.

Любую классификацию, по-видимому, следует рассматривать как, достаточно, подвижную форму упорядочения наших представлений.

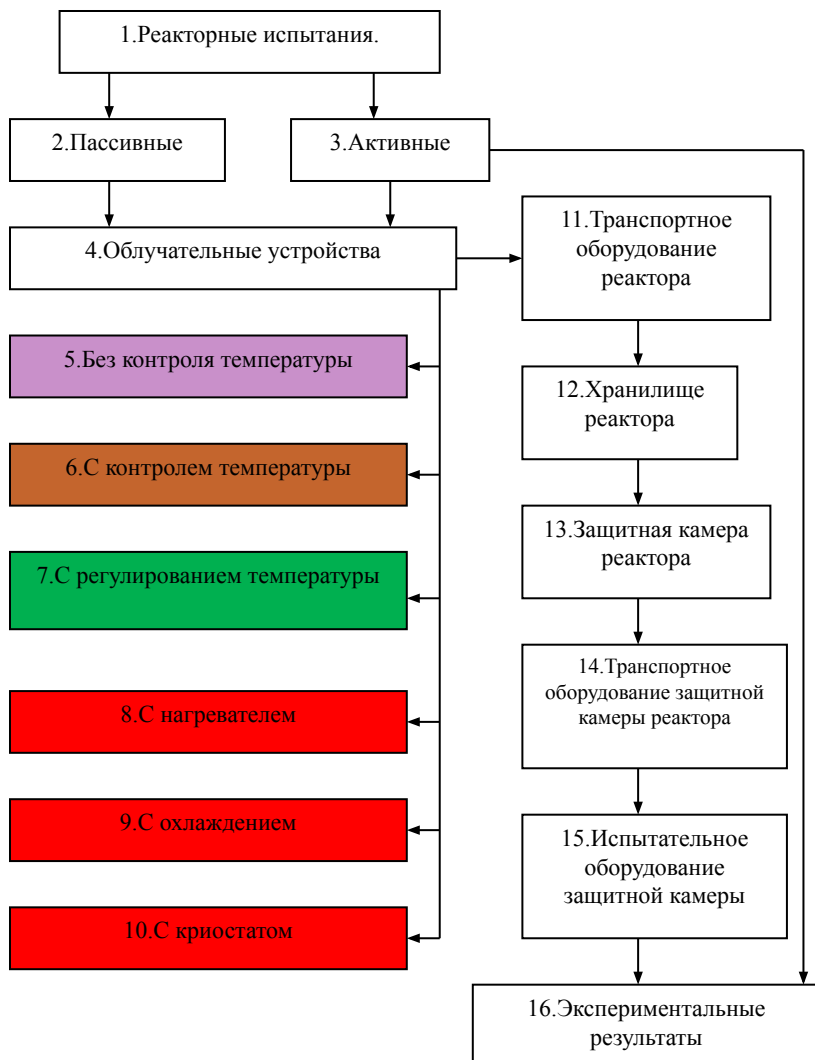
Именно поэтому ее не следует считать законченной и устоявшейся. К представленной ниже классификации необходимо относиться как к одному из многих возможных вариантов, который может дополняться и уточняться.



Все реакторные испытания (1) в соответствии с ОСТом делятся на пассивные (2) и активные (3) (рис.1.2).

Классификационным, дополнительным признаком облучательного устройства примем способы достижения, измерения, поддержания (стабилизации в частном случае) температурного режима облучения объекта испытаний (образца).

Облучательные устройства (4) в соответствии с выбранным признаком можно разделить весьма условно на шесть групп.



Устройства, в которых не производится контроль температуры облучаемого объекта (объектов) (5). Как правило, облучательные устройства без контроля температуры облучения рассчитаны на массовое облучение образцов в хорошо контролируемых условиях облучения. Последнее предполагает расчетное определение температуры облучения, иногда со значительной погрешностью по отношению к возможной измеряемой величине. Активные реакторные испытания без контроля температуры, как правило, не проводятся.

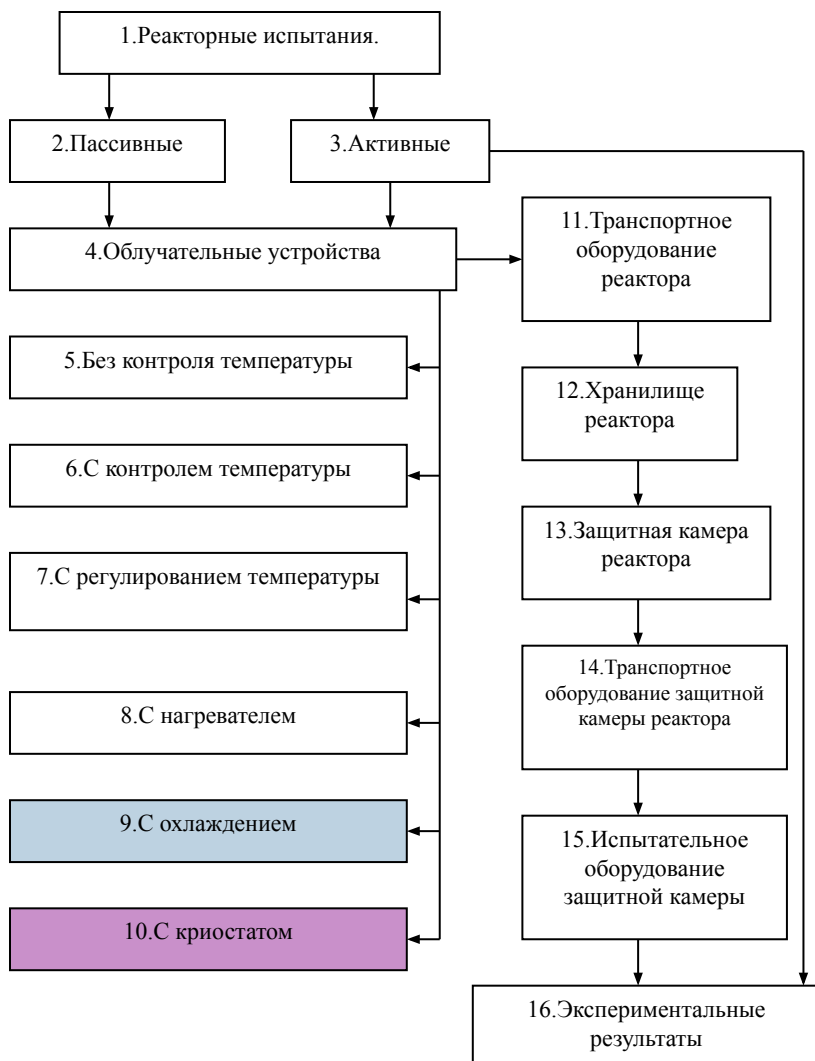
Облучательные устройства с контролем температуры (6) в большинстве случаев оснащаются термоэлектрическими преобразователями различного типа, наибольшее применение для реакторных испытаний нашли термопары.

Под устройствами с регулированием температуры (7) следует понимать все те, которые не оговариваются пунктами (8,9,10) предлагаемой схемы. Существует большой класс устройств, в которых весьма простыми методами удается регулировать и изменять в ограниченных пределах температуру облучения испытуемых объектов. Можно рассмотреть два способа регулирования температуры в процессе реакторных испытаний: изменением термического сопротивления на пути теплового потока от объекта испытаний к внешней среде и изменением внутренних тепловыделений в устройстве при варьировании потока излучений. Возможна и комбинация указанных способов.



Облучательные устройства с внутренним нагревателем (8) обладают одним существенным преимуществом, так как с помощью них возможно проведение сравнительных испытаний на одном образце вне и в поле излучения при заданной температуре.

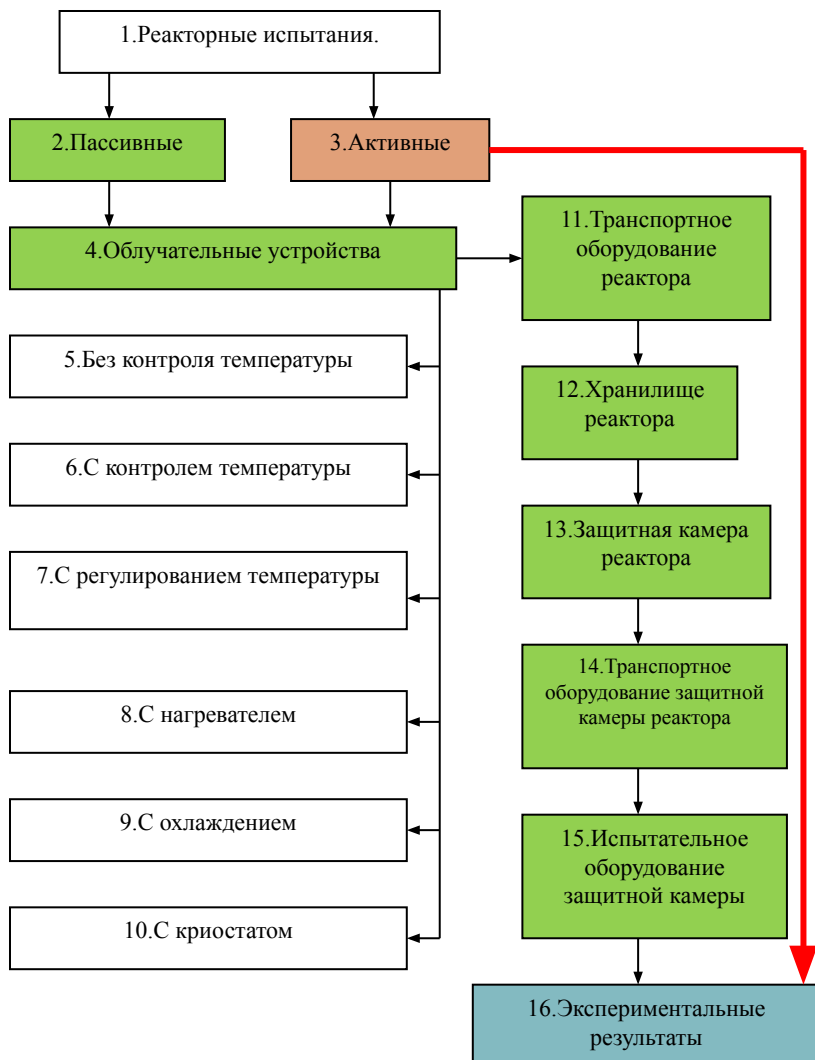
Это позволяет непосредственно выявить эффекты динамического воздействия излучения на исследуемую характеристику.



К облучательным устройствам с охлаждением (9) следует отнести петлевые каналы исследовательских реакторов, в которых возможно моделировать условия теплообмена и облучения в создаваемых и модернизируемых реакторах.

Проведение исследований в криостатах (10) или в низкотемпературных петлевых каналах представляют значительный интерес для фундаментального изучения влияния излучения на радиационные дефекты в твердом теле, так как при низких температурах затруднен температурный отжиг дефектов, возникающих за счет радиационного облучения.

Низкотемпературное облучение необходимо также при исследовании поведения сверхпроводников в радиационных полях.



Позиции с (11) по (16) схемы показывают последовательность технологических операций при получении информации в реакторном эксперименте.

Необходимо обратить внимание на следующее:

1. Итоговая информация при пассивных реакторных испытаниях получается только при прохождении облучательных устройств с образцами всего технологического цикла и при этом испытательное оборудование должно располагаться в защитных камерах.

2. Полезная информация при активных реакторных испытаниях получается в процессе воздействия излучения на образец. При наличии защитных камер и необходимого испытательного оборудования в них, можно получить дополнительную информацию, используя схему пассивных испытаний.

Таким образом, активные методы реакторных испытаний могут быть использованы на исследовательских реакторах, которые не имеют комплекса защитных камер или эти комплексы в недостаточной степени оснащены необходимым оборудованием.

Нужно отметить также, что большая информативность активных реакторных испытаний требует значительной предварительной проработки на стадии НИР и ОКР, кроме того их эксплуатация обходится дороже.

Примером пассивной и активной методики испытаний могут служить исследования, проведенные в Окриджской национальной лаборатории (США) по определению радиационной совместимости графита с расплавленными солями $\text{NaF} - \text{ZrF}_4 - \text{UF}_4$ или $\text{LiF} - \text{BeF}_2 - \text{UF}_4$, которые намечались в качестве топлива и теплоносителя реактора MSRE.

Проект реактора MSRE -заманчивая альтернатива твердотельным твэлам.

Жидкий теплоноситель-топливо решает ряд серьезных трудностей, связанных с использованием твердотельных твэлов:

- механические напряжения в топливе и оболочке.*
- размерная нестабильность топлива.*
- перегрузка реактора и другие.*

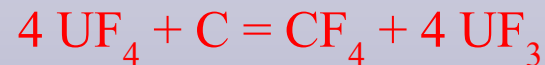
Имеются значительные трудности и в проекте MSRE. Одна из таких задач решалась постановкой реакторных экспериментов.

Сначала, проведением пассивных испытаний и затем, вынужденным использованием активной методики.

В этом поиске достаточно ярко представлена
разница
в качестве получаемой информации
при активных и пассивных реакторных испытаниях.

В реакторе MSRE содержится в соответствии с проектом 6420 т графита. Возможно, что в результате взаимодействия графита с солью, может быть проникновение топлива в графит и недопустимое постепенное, плохо контролируемое, увеличение концентрации урана в активной зоне реактора.

В лабораторных условиях была проверена возможность химической реакции:



Равновесие реакции наблюдалось при давлении $\text{CF}_4 \sim 10^{-2}$ Па.

Концентрация четырехфтористого углерода над системой графит- соль составила $\sim 0,0001$ %, что меньше предела чувствительности масспектрометра.

Испытания в лабораторных условиях, таким образом, не выявили никаких препятствий в применении графита с солью.

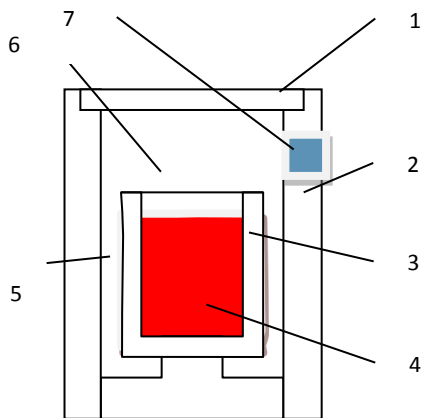


Рис.1.3.
Облучательное устройство для пострадиационных исследований.
1.Крышка.
2.Ампула.
3.Тигель из графита.
4.Расплав соли.
5.Гелиевый зазор.
6.Защитное гелиевое пространство.
7.Место для вскрытия ампулы.

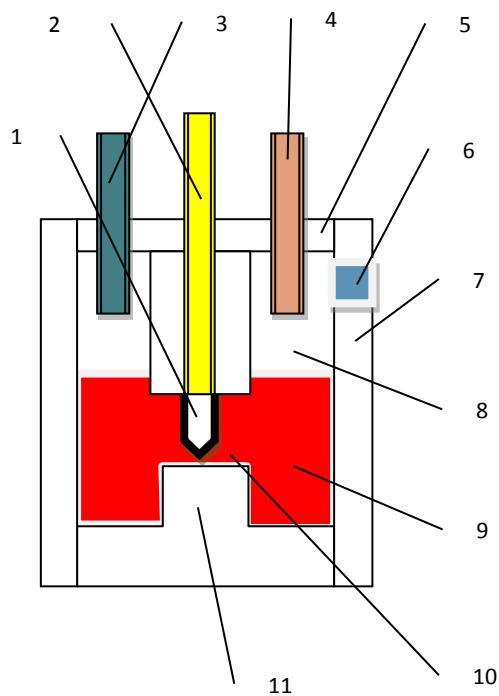


Рис.1.4. Облучательное устройство для активных реакторных испытаний.
1.Термопара.
2.Чехол термопары.
3.Патрубок для заполнения ампулы.
4.Патрубок для отбора проб.
5.Крышка.
6.Место для вскрытия ампулы.
7.Корпус ампулы.
8.Защитное гелиевое пространство.
9.Расплав соли.
10.Графитовая втулка.
11.Центрирующий стержень с днищем ампулы.

В 1959 году были проведены первые опыты по определению смачиваемости графита с солью в радиационных условиях на ампулах типа 1 (рис.1.3.) в канале реактора MTR при энерговыделении в соли $q_v = 200 \text{ Вт/см}^3$, что в 5 раз больше, чем в проекте реактора MSRE .

Выяснено:

- 1.Графит не смачивается солью.
- 2.Не наблюдается радиационных повреждений графита.

Получен также совершенно неожиданный результат:

1.В гелии, который заполнял ампулы, содержалось значительное количество CF_4 , а в необлученных (контрольных) ампулах он отсутствовал.

2.В гелии содержался криптон, но отсутствовал ксенон.

3.Соль имела интенсивно черную окраску.

Объяснить полученные результаты не представлялось возможным.

Вторая серия экспериментов была предпринята в 1962 году на двух типах ампул (рис.1.3,1.4).

На облучение были поставлены 2 ампулы I типа (рис.1.3.) и

4 ампулы II (рис.1.4.) типа, которые облучались в реакторе MTR в течение 3-х кампаний (удельное энерговыделение колебалось от 43 до 260 Вт/см³).

Ампулы изучались после 3-х месячной выдержки, и снова был получен неожиданный результат (в одной из ампул с наименьшей дозой облучения):

1. Содержалось значительное количество CF_4 ;
2. Расчетное количество криптона и ксенона;
3. Расплав интенсивно черного цвета.

Контрольные ампулы выдерживались при той же температуре, что в реакторе, и не содержали CF_4 . Таким образом, ни контроль температуры, ни новая серия экспериментов не внесли ясности в исследуемое явление.

Таким образом, ни контроль температуры, ни новая серия экспериментов не внесли ясности в исследуемое явление.

Результаты были объяснены после третьей серии экспериментов на ампулах 2-го типа с выводными трубками, что позволяло проводить отбор проб как в процессе облучения в реакторе (активная методика), так и после облучения. Выяснилось, что при работе реактора на полной мощности образования CF_4 не происходит, появление газов было обнаружено после остывания до 65°C и через несколько часов, т.е. при гамма-облучении расплава. Уменьшение выделений газов было связано со спадом активности.

Аналогичные явления были обнаружены впоследствии при облучении соли гамма-квантами источника Co-60 . Высказываются предположения, что гамма-излучение является катализатором реакции при определенной температуре.