# Конспект занятия 9.

## Цель.

Познакомить слушателей с вопросами разработки и конструирования облучательных устройств для пассивных и активных реакторных испытаний. Обратить внимание на специфику конструкторских разработок облучательных устройств, последовательность проведения этой работы. Выделить наиболее важную задачу для разработки конструкции облучательного устройства- расчет поля температуры по его элементам. Приступить к постановке задачи расчета температурного поля.

## План.

1. Общая схема последовательности стадий разработки облучательного устройства.

2. Обоснование необходимости тепловых расчетов облучательных устройств.

3. Постановка задачи о распределении температуры в облучательном устройстве.

Разработка конструкции облучательного устройства сопряжена с необходимостью учета ряда специфических факторов. Малые радиальные размеры реакторных каналов, внутренние тепловыделения в элементах конструкции устройства и испытуемом образце, влияние облучения на первичные преобразователи измеряемых величин, повышенные требования к надежности - все это требует проведения, иногда весьма сложных расчетов конструкции на стадии проектирования.

На рис.3.1. представлена общая схема последовательности стадий разработки облучательного устройства. Естественно, что в ней присутствуют все основные стадии конструкторской разработ­ки, используемые при создании конструкций в машиностроении, од­нако, имеется и специфика.

Остановимся на специфических особенностях проектирования облучательных устройств. Формулировке задачи по постановке реакторного эксперимен­та (I) должно уделяться особое внимание. Должны быть выяснены достаточно веские основания в необходимости постановки реакторного эксперимента и, в частности, вопрос: нет ли каких-либо возможностей обойтись без создания новой конструкции облучательного устройства.

Естественно, что это, прежде всего, определяется экономи­кой, но и не только ею, а и временным фактором, т.к. дееспособность облучательного устройства связана с

Рис.3.1..Схема проектирования и расчета облучательных устройств.

1.Техническое

задание

2.Объект испытаний

3.Место проведения испытаний

(ГЭК, ВЭК, ВКУ ) др.)

5.Схема

тепловых

расчетов

4.Вариант

компоновки

устройства

7. Эскизный проект.

6.Программы расчетов и проведение вычислений (6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5)

()

8.Схема расчетов деформаций и прочности

9.Типы и местоположения датчиков

10.Радиационная обстановка эксперимента

11.Рабочий проект

12.Оценка надежности

Изготовление макета, испытания, коррекция проекта

Программы расчетов: 6-1. Полей температуры, 6-2. Деформаций и прочности, 6-3. Радиационной обстановки, 6-4. Погрешностей, 6-5. Надежности.

флюенсом, набор которого при отладке устройства занимает значительные временные интервалы.

Исчерпывающая информация об объекте испытаний (2) влияет на выбор места проведения испытаний (3) - это специфическое требование при проектировании облучательного устройства, так как режимы испытаний во многом определяются свойствами образца и характером его взаимодействия с излучением.

Пункты (I, 2, 3) могут служить основой для составления технического задания на проектирование облучательного устройства.

Важнейшей частью проектных расчетов облучательного устрой­ства является оценка температурного поля по его элементам, однако, к этой работе можно приступить, имея предварительный вариант компоновки устройства (4) и конкретную схему тепловых расчетов (5). Важность этой работы определяется спецификой реакторного эксперимента, когда излучение приводит к появлению внутренних источников тепла в элементах конструкции, а их интенсивность зависит и от свойств конструкционных материалов и об­разца и от местоположения устройства в реакторе. В то же время большинство последующих расчетов (8,9,10,12), которые могут проводиться при создании конструкции, во многом зависят от пра­вильной оценки температурных полей.

3.1. Постановка общей задачи расчета поля температуры в облучательном устройстве

Расчет поля температуры облучательной установки позволяет на стадии проектирования найти оптимальные размеры нагревателя, учесть температурные деформации элементов установки, произвести прочностной расчет и более правильно наметить места расположе­ния первичных преобразователей для измерения температур, деформаций, нагрузок.

В схематизированном виде установка представляет собой цилиндрическую конструкцию, симметричную относительно продольной оси и плоскости серединного поперечного сечения активной зоны ядерного реактора (рис.3.2).

На оси установки между держателями (2) находится образец (I), вокруг которого установлены нагреватель (3), экран (4) и корпус камеры (5), представляющие полые соосные цилиндры.

По длине установка делится на зоны, отличающиеся условиями теплообмена, числом элементов, размерами их поперечных сечений и материалами.

Z=0

Z4

Z3

Z2

Z1

Z5

3-зона

4-зона

5-зона

2-зона

1-зона

1

4

5

3

2

Рис. 3.2. Модель установки для теплового расчета.

В первых двух зонах нагреватель отдает тепло образцу и экранам, в остальных происходит отвод тепла от держателя через оболочку в окружающую среду.

Каждый элемент установки может иметь внутренние источники тепла, которые возникают за счет тормозного гамма -излучения или электронагрева.

Методика определения полей температуры в установке основы­вается на следующих допущениях:

1.Расчет производится для установившегося теплового режиму.

2.Температура в поперечном сечении элементов принята  
одинаковой или усредненной по сечению.

3.Теплообмен между соседними элементами происходит в  
плоскости поперечного сечения установки.

4.Внутренние источники тепла в пределах каждой зоны

равномерно распределены по всему объему элемента.

Уравнение теплового баланса любого элемента установки учитывает передачу тепла вдоль оси z теплопроводностью, наличие внутренних источников тепла, теплообмен с соседними элементами, или с окружающей средой и имеет вид:

**λS (d2T/dz2 )+ qvS = q1 + q2 + q3 (1)**

где

λ- теплопроводность материала элемента (Вт./м К ) ;

S *-* площадь поперечного сечения (м2);

qv - плотность внутренних источников тепла (Вт/м3 );

q1 -радиальный поток тепла между смежными элементами от излучения;

q2 - то же за счет теплопроводности через газ;

q3-то же в окружающую среду (для внутренних элементов установки q3= 0).

Потоки тепла можно выразить:

а) от излучения:

**q1 = σ0 Hε пр (T 4 – T14)**

где

σ0= 5,76\* 10-8 Вт/м2К4 - коэффициент излучения абсолютно черного тела;

H*-* взаимная поверхность излучения смежных элементов, в данном случае равная периметру внутреннего элемента;

εпр -приведенный коэффициент черноты;

Т - температура излучающего элемента;

Т1 - температура поглощающего элемента;

б) за счет теплопроводности через газ, заполняющий установку[11] :

**q2 = 2 nk λг (T-T1) / ln(R/R1)**

λг -теплопроводность газа в установке (Вт/мK);  
R - радиус излучающей поверхности (м);  
R1 - радиус поглощающей поверхности (м);  
nk= 0,062 ( Рг Gr)1/ 3104<РгGr < 107 ;

nk= 0,22 ( Рг Gr)1/ 4107<РгGr < 1010 ;

Pr = ν / a – критерий Прандля;

Gr = gβ∆TL3/ ν2 – критерий Грасгофа

g - ускорение силы тяжести;

β *-* коэффициент объемного расширения газа;

ν - коэффициент кинематической вязкости;

а *-* коэффициент температуропроводности;

∆T - разность температур теплопередающих поверхностей;

L *-* высота теплопередающих поверхностей;

в) за счет теплоотдачи в окружающую среду:

**q3 = α F(T-Tcp) (2)**

где

α - коэффициент теплообмена со средой (Вт/м2 K),

F - наружная поверхность элемента на единицу длины (м);

Tcp -температура среды.

Потоки тепла излучением и теплопроводностью через газ можно представить в виде:

**q2+ q1= h (T-T1)**

где

**h= (T3+T2T1+TT12+T13) σ0 Hε пр+ 2 nk λг (T-T1) / ln(R/R1)**

- приведенный коэффициент теплообмена, а ε пр определяется соотношением:

**ε пр = (1/ε + (1/ε 1-1) R/R1)-1**