# Конспект занятия 10.

## Цель.

Вывести уравнения теплового баланса для любого элемента облучательного устройства. Обратить внимание слушателей, что после проведения соответствующих алгебраических операций решение задачи о поле температуры сводится к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений с постоян­ными коэффициентами второго порядка и может быть представлено в гиперболических функциях. Сформулировать краевые и граничные условия задачи и отметить, что задача может быть решена методом последовательных приближений при начальном задании произвольного температурного распределения. Познакомить слушателей с программой расчета температурного поля на ЭВМ.

## План.

1. Вывод уравнения теплового баланса для любого элемента облучательного устройства.

2. Краевые и граничные условия задачи.

3. Программа расчета температурного поля на ЭВМ.

Для дальнейшего изложения, результат предыдущей лекции можно представить следующим образом:   
1.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 имеет вид:  
   
**λS (d2T/dz2 )+ qvS = q1 + q2 + q3 (1)**  
 2. **q2+ q1= h (T-T1)-** потоки тепла через газовый зазор теплопроводностью, излучением и конвекцией.  
 **3. q3 = α F(T-Tcp)** – поток тепла во внешнюю среду.

Уравнения теплового баланса для любого элемента установки после подстановки в уравнение (I) значений q1 , q2 и q3 будут иметь вид:

**λ i j S i j (d2Ti j/dz2)+h i (j-1) (Ti j –Ti (j-1))–h i j(Ti j–Ti {j+1})= -b j (2)**

где

i =1,2, ...m - индекс зоны и m- число зон;

j =1,2…n- индекс элемента в зоне и *п –* число элементов в зоне;

bj -член уравнения, не содержащий переменное значение Т.  
 Для крайнего элемента при j=пимеет место теплообмен  
c окружающей средой, и последний член левой чаcти уравнения (2)

примет вид:

**h i j (Ti j – Ti {j+1}) = αi Fi n (Ti j - Tcp)**

Коэффициенты λ, α и h, входящие в уравнение (2), приняты постоянными для средней температуры элемента в зоне.

После упрощения, уравнения теплового баланса будут представлять систему обыкновенных дифференциальных уравнений с постоян­ными коэффициентами вида:

**d2Ti j/dz2 + a j (j-1) Ti (j-1) – a j j Ti j + a i (j+1) Ti (j+1) = -bi j (3)**

где индекс "i" - номер зоны, находится вверху; коэффициенты  
" a" имеют второй индекс, совпадающий с нижним индекcом функции "T", j=1,2 ...n *,* а при k<1 (первый индекc при " а ")  
и j*>*n, akj *=* 0.

Общий интеграл системы (З) является суммой общегo  
решения соответствующего однородного уравнения и частного реше­ния неоднородного уравнения:

**T j =  βjs (A1s ch |ps|z + A11s sh |ps|) + Dj (4)**

где ps – корни характерестического уравнения:

**||( ps2 - a i j ) δ i j + a i j || = 0 (5)**

в последнем уравнении:

δ i j = 0 при i ≠ j= 1,2,…n

δ i j = 1 при i = j-1; j; j+1

a i j =0 при i≤ 1

Можно доказать, что ps2 ≥ 0, и поэтому решение может

быть выражено в гиперболических функциях (4), где

βjs = ∆1j(ps2)/∆11(ps2)- коэффициенты распределения, равные отношению соответсвующих миноров матрицы (5),а Dj=|Aj|/|A|- частное решение неоднородного уравнения, равное отношению определителя |А| *,* полученного из (5) при ps2 = 0, и определителя |Aj|, полученного из |A| заменой j -го столбца на столбец свободных членов;

A1s и A11s постоянные интегрирования, определяемые из граничных условий между зонами:

**Tji |z(i) = Tji+1|z(i) ; λ i j S i j (dTji/dz) |z(i) = λ i+1 j S i+1 j (dTji+1/dz)|z(i)**

И краевых условий :

**λ m j S m j (dTjm/dz) |z(i) = αj m Fj m(Tmj - Tcp) ; (dTj1/dz) |z(0) = 0**

Для нахождения поля температуры установки следует составить уравнение теплового баланса для каждого j-го элемента каждой

i-й зоны, решить систему уравнений (3) для каждой зоны и из граничных условий найти постоянные интегрирования. Величины α*,* λи h *,* входящие в уравнения, определяются для средней темпе­ратуры элемента в зоне, поэтому необходимо до начала расчета за­даться произвольным полем температуры в установке.

Так как α*,* λи hявляются непрерывными монотонными функциями температуры, то метод последовательных приближений дает единственное решение.

Программа расчета поля температуры составлена так, чтобы изменения геометрических размеров установки, материалов ее элементов, характеристики среды, в которой находится установка, мощности нагревателя учитывались только во вводимой информации и не влияли на работу программы. Если в установке нет нагревателя,то мощность его принимается равной нулю. Программа состоит из основного блока и процедур (рис.3.3.).

Основной блок содержит ввод параметров установки, задает последовательность выполнения процедур и контролирует допустимую погрешность при получении результата.

Процедура ТНР предназначена для определения температуры нагревателя (Тн) в срединной плоскости установки (z= 0) при за­данной температуре смежных элементов: центрального (Т1) и обо­лочки (Т3) и интенсивности внутренних источников тепла.

Процедура ТРВ предназначена для определения температуры оболочки Т3 в срединной плоскости при заданной температуре нагре­вателя.

2.Вычисление плотности внутренних источников тепла.

1.Ввод программы и исходных данных.

3.Определение Тн при заданных Т1 и Т3(процедура ТРН)

4. Определение Т3 при заданных Тн (процедура ТРВ)

5.Если (Т3i-1- Т3i)> 5, иначе 6.

6.Определение температуры на границах зон (процедураBLO1)

7.Если (Т1i-1- Т1i)> 5, иначе 8.

8.Определение полей температуры (процедура BLO2)

9.Стоп

Рис.3.3. Логическая схема программы расчета поля температуры по установке.

Последовательное применение этих процедур (ТРН и ТРВ) позволяет при заданной температуре нагревателя или оболочки определить температуры остальных элементов в срединном сечении.

Процедура BLOIсодержит решение системы линейных дифференциальных уравнений, определяет постоянные интегрирования и температуры элементов на границе зон. Погрешность расчетов кон­тролируется разностью температур центрального элемента (Т1) полученной из процедур ТРН и ТРВ и из процедуры BLOI.