# Конспект занятия 12.

## Цель.

Поставить и решить задачу о радиальном распределении температуры в облучательном устройстве при отсутствии утечек тепла в торцы. Обратить внимание на то, что для этого случая можно получить аналитическое решение, пригодное для оценочных расчетов радиального поля температуры по элементам облучательного устройства, тепловой изоляции или определения местоположения и мощности нагревателя для создания нужного температурно­го режима на облучаемом образце.

## План.

1. Пастановка задачи о радиальном распределении температуры в облучательном устройстве при отсутствии утечек тепла в торцы.

2. Постановка и решение вспомогательных задач.

Рассмотренная в предыдущем разделе задача реализуется с помощью ЭВМ, дает пространственное распределение поля температуры для осесимметричной геометрии облучательного устройства, однако, неоправданно сложна, если ставится задача оценки тепловой изоляции или размещения нагревателя для создания нужного температурно­го режима на облучаемом образце.

Рассмотрим задачу о радиальном распределении температуры в облучательном устройстве при отсутствии утечек тепла в торцы.

Геометрические условия (рис.3.7) задают образец цилиндрической формы радиусом R1,окруженный концентричными экранами с радиусами R k , R k+1 . Последний экран R n является обечайкой установки или стенкой канала. Экраны и образец по длине настоль­ко велики, что влиянием теплоотвода в торцы можно пренебречь.

Физические условия рассматривают образец, экраны и обечайку установки с теплопроводностью λ = const при расчете поля температуры внутри элемента, но λ =f (Т) при рассмотрении задачи в целом.

В образце, экранах и обечайке (стенке канала) действуют внутренние источники тепла q V,k,k +1 (Bт/см3).

Рис.3.7 Модель расчета поля температуры при отсутствии утечек тепла в торцы.

λk.k+1

Rk

Rn

3

1

2

K

K+1

K+2

K+3

n-1

n

qv01v01

qv23

λ23

qvk.k+1

Q

α.Tcp

T=T(r)

Qk

λk,k+1

qvk,k+1

Rk

Tk

Tk+1

А

dT/dr|r=0=0

T=T(r)

λ01

qv01

R1

T1

Б

Любой из экранов может быть нагревателем, и тогда его источники тепла можно выразить:

q V k,k+1= q V k,k+1,р + q V k,k+1, э

q V k,k+1,р  - внутренние источники тепла при действии радиации;

q V k,k+1,э = j2 R - внутренние источники тепла при действии

электричес­кого тока,

где

j -плотность электрического тока (А/см2 ),

ρ - удельное электро­сопротивление (Ом. cм).

Пространство между экранами может быть:

- заполнено газом с коэффициентом теплопроводности λк-1,к , который постоянен при рассмотрении теплопередачи между экранами и зависит от температуры при рассмотрении общей за­дачи.

- вакуумировано.

Заданы:

- интегральные степени черноты экранов.

- температура окружающей среда Tс  и α.

Источники тепла между экранами отсутствуют q V k-1,k= 0.

Процесс передачи тепла осуществляется:

- между экранами: излучением, теплопроводностью и конвекцией;

- в экранах - теплопроводностью;

- с внешней поверхности обечайки с коэффициентом

теплоотдачи α.

Временные условия задают установившийся режим:

dT/dτ =0

Граничные условия:

I) краевые:

а) теплоотдача с внешней поверхности:

**Qn = 2πα Rn(Тn - Тc) (6)**

где

Qn - погонный тепловой поток с внешней поверхности обечайки (стенки канала);

Тn - температура обечайки;

Тс - темпе­ратура внешней среды;

б) поле температуры симметрично относительно образца:

**dT/dr | r=0 =0 (7)**

2) поток тепла между экранами:

**Qk-1,k = 2π[ εk-1,k σ0 Rk-1 (Т 3k-1 + Т 2k-1Т k +Т k-1 Т 2k +Т 3k) +**

**+nк λк-1,к /ln (Rk/ Rk-1)](Тk-1-Tk) = hk-1,k (Тk-1-Tk) (8)**

где

**εk-1,k= [1/ εk-1 + (1/εk-1-1)( Rk-1/ Rk)]-1**

- приведенный коэффициент интегральной степени черноты.

Более подробно последние соотношения рассматривается в разделе 3.1;

3) поток тепла между газом и твердой стенкой определяется соотношением:

**Qk = - 2π λk-1,k  Rk-1 dT/dr | r= R(k-1) (9)**

**Qk-1 = Qk-1,k = Qk , (10)**

так как источники тепла между экранами отсутствуют.

Ход решения задачи сводится к следующему:

1.Геометрия задачи и известное распределение внутренних источников тепла позволяют определить потоки тепла Qk для

каждого значения rк в том числе и для rn – Qn ;

2. По значению Qn можно определить температуру поверхности обечайки и далее температуру поверхности Тn-1 , решив задачу теплопроводности;

3. Зная условия теплообмена между экранами и поток Qn , можно найти Тn-2 , а из решения задачи теплопроводности опре­делить

Тn-3 и т.д.;

4. Следует, однако, помнить, что полученные значения Ti будут первыми приближениями, так как условия теплообмена между экранами зависят от Ti и поэтому точное решение получают методом последовательных приближений.

Для решения задачи предварительно необходимо рассмотреть поле температуры в экране и образце.

Поле температуры в экране ( рис.3.7 )

На поверхность цилиндрической стенки действует погонный поток тепла, стенка имеет постоянный коэффициент теплопроводности λк, к+1 , в ней действуют внутренние источники тепла qv,k,k+1 и задана температура поверхности Tк+1.

Требуется определить поток тепла Qк+1 , поле температуры на стенке, температуру и разность температур (Tк -Tк+1)

Задача стационарная, граничные условия:

**Qk = - 2π λk,k+1 Rk (dT/dr | r= Rk ) (11) ,**

**T| r=Rk+1 = Тk+1 (12)**

Поле температуры описывается уравнением:

**d2T/dr2 + (1/r) ( dT/dr) + qv,k,k+1/ λк, к+1 = 0 (13)**

Решение уравнения имеет вид:

**T= - (r2 /4) qv,k,k+1/ λк, к+1 +C1ln r +C2 (14)**

Используем граничные условия для определения постоянных.

Решение можно представить в следующем виде:

**Т = Тk+1 + qv,k,k+1/2 λк, к+1[(R2k+1 – r2)/2 – R2kln(Rk+1/r) ] +**

**(Qk/2 πλк, к+1) ln(Rk+1/r) (15)**

**Тk - Тk+1 = (qv,k,k+1/2 λк, к+1)[(R2k+1 – R2k)/2 – R2kln(Rk+1/ Rk) ] +**

**(Qk/2 πλк, к+1) ln(Rk+1/ Rk) (16)**

**Qk+1 = - 2π λk,k+1 Rk+1 dT/dr | r= Rk+1= πqv,k,k+1(R2k+1 – R2k) + Qk (17)**

**Тk - Тk+1 = Av,k,k+1+ Ak,k+1 (18)**

Поле температуры в образце ( рис.3.7.)

На поверхности цилиндра с коэффициентом теплопроводности λ0,1 задана температура Т1 , внутри цилиндра действуют внут­ренние источники тепла qv01 , в центре цилиндра температура имеет экстремум.

Граничные условия:

**dT/dr | r= 0 (19)**

**T | r= R1= Т1 (20)**

Поле температуры описывается уравнением (13) и (14).

Из (19) C1 = 0, тогда из (20) определяем:

**С2 = Т1+ qv,0,1 R21/4 λ0,1**

Поле температуры в цилиндре (образце) имеет вид:

**Т=Т1+ qv,0,1 (R21-r2)/4 λк, к+1**

Поток тепла с поверхности цилиндра:

**Qk = - 2π λ0,1 R1 dT/dr | r= R1 = πqv,0,1R21  = πqv,0,1(R21 – R20),**

где R0 = 0

Определяем потоки тепла, пользуясь результатами задач, рассмотренных выше.