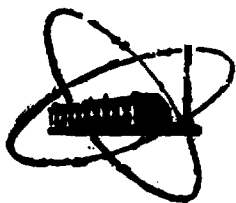


848204850

ФЭИ-1206



ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Л. М. ПАРАФИЛО, С. И. ЩЕРБАКОВ

**К расчету температурных полей
в текущей среде
при наличии источников тепла**

Обнинск — 1981

УДК 621.039.534

Л. М. Парафило, С. И. Щербаков.

К расчету температурных полей в текущей среде при наличии источников тепла.

ФЭИ-1206. Обнинск: ФЭИ, 1981. — 6 с.

А Н Н О Т А Ц И Я

Описан эффективный метод численного расчета температурного поля в теплоносителе, движущемся, например, через межтрубное пространство теплообменника или пучка твэл. Число арифметических операций метода имеет порядок числа расчетных узлов сеточной области.



Температурное поле описывается уравнением энергии [1]

$$c_p \cdot \rho \cdot \nabla(T \cdot \vec{w}) = q_v + \lambda \cdot \nabla^2 T, \quad (1)$$

где: \vec{w} - вектор скорости локально-среднего течения,

λ, ρ, c_p - физические параметры,

q_v - удельный объемный теплоподвод (теплосъем), который может зависеть от температурного поля, как в случае теплообменного пучка, когда

$$q_v = f \cdot (t - T) / R + q_v^0. \quad (2)$$

В (2) обозначены: f - теплообменная поверхность в единице объема, t - локальное значение температуры источника тепла, R - термосопротивление, q_v^0 - интенсивность независимых источников тепла.

Известные численные методы решения уравнения (1), разработанные первоначально для задач теплопроводности и связанные со свойствами члена $\nabla^2 T$ [1] основаны на построении устанавливающегося в процессе расчета решения, что определяет большой объем вычислительных операций. В то же время роль члена теплопроводности в ряде задач, например, в задачах конвективного переноса для теплообменников, пучков труб, незначительна. Для этих случаев можно построить более эффективный метод расчета, определяемый свойствами конвективных членов уравнения (1).

Рассматриваемую область разобьем непрерывным образом на элементы объема, поверхности каждого из которых содержат шесть граней. Для каждой грани предполагается известным протекающий через нее расход $G_i = S_i \cdot \rho \cdot w_i$, где: S_i - площадь грани, w_i - нормальная к поверхности грани компонента скорости. Если считать температуру жидкости в пределах элемента равной некоторой средней величине T , все вытекающие из данного элемента потоки будут иметь ту же температуру, а все втекающие - соответственно температуру тех элементов, из которых они вытекают. Разностная форма уравнения энергии, соответствующая этому допущению, имеет вид

$$T_n \cdot \left(\sum_i G_i + \frac{f \Delta V_n}{R \cdot c_p} \right) - \sum_i G_i \cdot T_i = \frac{q_v^0 \cdot \Delta V_n}{c_p} + \frac{t \cdot f \cdot \Delta V_n}{R \cdot c_p} \quad (3)$$

В (3) ΔV_k - объем теплоносителя в элементе.

Уравнения (3) позволяют последовательно рассчитывать значения температур во всех элементах области течения. Действительно, в рассматриваемой области всегда можно указать элементы, для которых температура известна - это элементы на входе потока. Среди остальных элементов может существовать по крайней мере один - m , для которого известны все температуры T_j , а следовательно, и возможен расчет температуры T_k согласно уравнению (3). Последовательный поиск k -ых элементов и расчет температур T_k осуществляется таким образом для всей области.

Для приведенного на рис. I участка сеточной области двумерного объекта расчет температуры может быть произведен последовательно для элементов

$$3 \rightarrow (1,4,5) \rightarrow (2,6,7) \rightarrow (8, \dots) \rightarrow ,$$

причем последовательность расчета элементов внутри выделенных групп (1,4,5), (2,6,7) и т.д. безразлична.

Таким образом обеспечивается расчет температур в потоке теплоносителя с затратой арифметических действий порядка числа элементов.

В случае наличия в поле течения замкнутой зоны течения расчет температур может быть начат с любого элемента в этой зоне и проведен путем последовательного многократного прохождения элементов до совпадения результатов последовательных приближений. Найденное указанным способом поле температур в некоторых случаях может потребовать уточнения путем учета теплопроводности, например, в итерационном процессе.

Для большого числа технических объектов течение в них является практически независимым от поля температур a , значит, последовательность расчета будет всегда одной и той же. Эту последовательность целесообразно построить один раз.

Алгоритм построения последовательности расчета температур элементов может быть следующим.

I. Для каждого элемента области формируется признак, численное значение которого равно числу потоков жидкости, втекающих через

его грани из соседних элементов.

2. Элементам, имеющим признак, равный нулю, присваиваются очередные номера последовательности расчета. При этом для соседних элементов, в которые втекают потоки из элемента, получившего очередной номер на единицу, понижаются значения признаков.

3. Процесс по пункту 2 проводится до исчерпания набора элементов.

В качестве примера здесь приводятся результаты расчета температур теплоносителя для осесимметричного прмотрубного парогенератора с наружным радиальным подводом теплоносителя в верхней части пучка (рис.2), практически аксиальным течением в средней по высоте части пучка и наличием объемных стоков тепла в расчетной области. Приведенные данные (таблица I) относятся к трем соседним секторам, разбитым по радиусу на 4 расчетных зоны. Разбиение участка входа по высоте содержит два шага и таким образом, имеется 6 входных элементов области, в которых температуры заданы. Заданные температуры в данном примере различаются между собой на $\sim 100^{\circ}\text{C}$. Представленное температурное поле характеризуется значительными градиентами температур, т.е. значимостью членов теплопроводности в (3). Несмотря на это для построения решения потребовалось только 10 итераций, что свидетельствует о высокой эффективности метода.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.И.Субботин и др. Решение задач реакторной теплофизики на ЭВМ. Атомиздат, М., 1979г.
2. С.С.Кутателадзе, В.М.Бориспанский. Справочник по теплопередаче. ГЭИ, М.-Л., 1958г.
3. А.Н.Тихонов, А.А.Самарский. Уравнения математической физики. Наука, М., 1966 г.

Таблица 1. Результаты расчета температур теплоносителя для пучка парогенератора.

Относительное расстояние от верхней трубо- вой доски	Распределения температур в вертикальных плоскостях по секторам (\bar{z} - относительная радиальная координата)																		
	сектор I								сектор 2								сектор 3		
	$\bar{z}=0.90$	0.70	0.50	0.30	0.10	$\bar{z}=0.90$	0.70	0.50	0.30	0.10	$\bar{z}=0.90$	0.70	0.50	0.30	0.10	0.70	0.50	0.30	0.10
0.01	415	414	413	413	412	415	414	414	414	417	518	517	516	514	508				
0.02	518	516	498	446	426	416	415	414	414	418	416	415	442	481	494				
0.03		514	488	457	428		414	414	414	419		415	440	469	489				
0.04		510	487	456	428		413	414	414	420		416	440	468	486				
0.06		504	483	454	427		412	413	414	422		418	440	467	481				
0.08		500	481	452	426		412	412	414	424		420	439	465	477				
0.10		485	479	451	426		411	411	413	426		421	438	462	472				
0.30		466	461	440	421		404	404	409	425		420	423	438	439				
0.50		447	444	429	414		398	398	402	415		412	412	420	420				
0.70		429	427	417	388		369	368	372	385		386	384	386	388				
0.90		379	376	369	358		349	349	351	356		357	356	356	356				
0.98		351	348	343	336		330	330	331	334		336	334	334	334				
0.99		343	340	336	331		327	326	327	329		331	330	329	329				

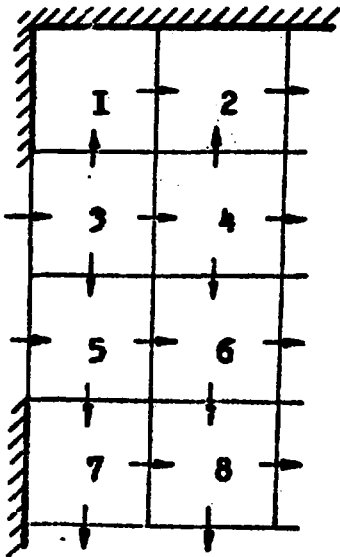


Рис.1. Участок расчетной области. Стрелки - направления потоков жидкости, цифры - номера элементов.

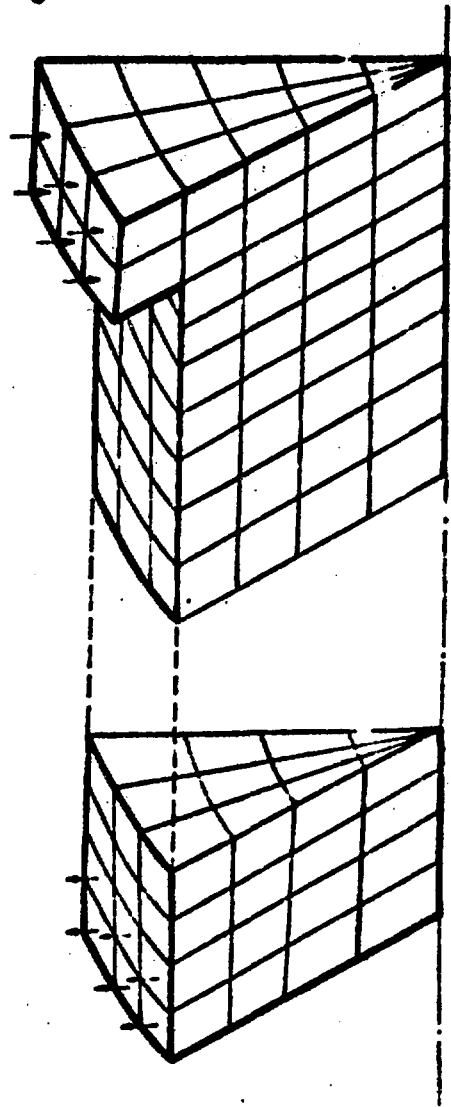


Рис.2. Расчетная область для парогенератора ($N_1 N_2 N_3 = 5 \times 3 \times 106$). Стрелки - направления потока теплоносителя на входе и выходе.



Технический редактор Н.П.Герасимова

Подписано в печать 24/VI-1981 г. Т - 08279 Формат 60x90 1/16
Сфсетная печать Усл.п.л. 0,4 Уч.-изд.л. 0,3 Тираж 86 экз.
Заказ 864 Цена 3 коп. Индекс 3624 ФЭИ - 1206.

Отпечатано на ротапринте ФЭИ, г.Обнинск.

3 коп.

Индекс 3624

К расчету температурных полей в текущей среде при наличии источников тепла. ФЭИ-1206, 1981, 1-6.