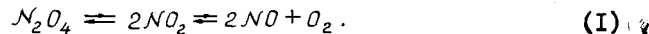


УДК.681.142.2+621.311.25.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГАЗОВЫХ АЭС ЦИКЛОВ НА ДИССОЦИИРУЮЩИХ ГАЗАХ НА СИСТЕМЕ "МИНСК-222"

М.А.Бажин, В.П.Бубнов, И.С.Захарова,
Ю.Г.Косарев, В.Б.Нестеренко

В Институте ядерной энергетики АН БССР проводится комплекс работ, связанных с возможностью применения химически реагирующих систем в качестве рабочих тел энергетических установок атомных электростанций (АЭС). Одним из таких тел предложена система



В [1,2] даны методы расчета термодинамических циклов для этой системы. Целью расчета является нахождение эффективного к.п.д. цикла η_e , коэффициента полезной работы F , удельной мощности $N_{уд}$, тепла регенерации $Q_{рег}$ и ряда других величин при различных значениях исходных параметров.

Искомые величины являются функциями энтальпии $\mathcal{I}$, энтропии S и теплоемкости при постоянном давлении C_p , вычисляемым по следующим формулам:

$$\ln K_{p10} = f_1(T), \quad \ln K_{p20} = f_2(T); \quad (2)$$

$$\gamma_j = F(p/p_j, T/T_j); \quad (3)$$

$$K_{p1} = K_{p10} / \gamma_A, \quad K_{p2} = K_{p20} \gamma_A^2 / (\gamma_C^2 \cdot \gamma_D); \quad (4)$$

$$\alpha_1 = (1 - \alpha_2)^2 K_{p2} / [\alpha_2^3 p - K_{p2} (1 + \alpha_2)(1 - \alpha_2)^2], \quad (5)$$

где $0 \leq \alpha_2 \leq 1$ - корень полинома

$$\sum_{i=0}^6 b_i (K_{p1}, K_{p2}, p) \alpha_2^i = 0; \quad (6)$$

$$\dot{u}_j = f_{3j}(T), \quad s_j = f_{4j}(T); \quad (7)$$

$$\Delta H_j = \frac{RT^2}{\gamma_j} \frac{d\gamma_j}{dT}, \quad \Delta S_j = \frac{\Delta H_j}{T} + R \ln \gamma_j; \quad (8)$$

$$\mathcal{I}_j = i_j - \Delta H_j + H_j^0, \quad S_j = s_j - \Delta S_j + S_j^0; \quad (9)$$

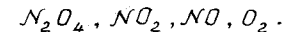
$$\mathcal{I} = f_5(\mathcal{I}_j, \alpha_1, \alpha_2), \quad S = f_6(S_j, \alpha_1, \alpha_2) \quad (10)$$

$$C_p = \frac{d\mathcal{I}}{dT}. \quad (11)$$

Здесь R, H_j^0, S_j^0 - константы; функции (2), (7) имеют вид:

$$\sum_{i=0}^n \alpha_i T^{i-\kappa} + \alpha_{n+1} \ln T,$$

где α_i, κ - константы; функции (10) - рациональные функции от аргументов и их логарифмов; функция F вычисляется с помощью таблиц; индекс $j=A, B, C, D$ под которыми соответственно понимаются компоненты химически реагирующей системы (1)



Данная задача была запрограммирована для машины "Минск-22". На ее счет ушло около 3000 часов машинного времени в течение полутора лет. Время счета одного варианта в зависимости от начальных значений T_1 и T_3 колебалось от 5 до 40 мин. Основная часть этого времени уходила на многократные вычисления $\mathcal{I}, S$ и C_p .

Эти величины в конечном счете зависят от двух переменных P, T и могут быть затабулированы [3]. Оказалось, что каждая из этих функций может быть с достаточной точностью получена с помощью таблицы объемом 4.000 чисел и последующей линейной интерполяцией. Хранение этих таблиц на магнитной ленте и вызов по мере надобности малоэффективен из-за незакономерного обращения к таблицам.

Поэтому для решения данной задачи была применена система "Минск-222". Указанные таблицы могут быть размещены в оперативных памяти системы из двух машин. Процесс вычислений между машинами оказался целесообразным разделить следующим образом: первая машина ведет счет основного алгоритма и время от времени обращается ко второй машине за значениями $\mathcal{I}$ и S . Вторая машина содержит таблицы для $\mathcal{I}$ и S , выбирает из таблиц и интерполирует требуемые значения $\mathcal{I}$ и S .

Таблицы $\mathcal{I}$ и S имеют полностью совпадающий вид. Шаг по T у них постоянен $h_T = 2^4$, интервал по P разбит на пять частей (1,00; 1,25; ...; 5,50), (6,0; 6,5; ...; 8,0), (10,12, ..., 48), (64,80, ..., 96), (128,160, ..., 320), в каждой из которых шаг

k_p постоянен и равен соответственно 2^{-2} ; 2^{-1} ; $2; 2^4$ и 2^5 .

Таблицы записаны по столбцам, соответствующим одному значению P . Согласно [3], в этом случае можно применить вспомогательную таблицу I для формирования обращения к столбцам. В табл. I, шаг которой кусочно-постоянен, при переходе от второй части к третьей и от третьей к четвертой изменяется значение порядка P у величины P . Это позволяет воспользоваться приемом, описанным в [3] (случай I.3). Табл. I разбивается на три участка, (I,00; I,25; ...; 8,00), (10, I2, ..., 48), (64, 80, ..., I20). Строится еще одна вспомогательная таблица II, обращение к которой формируется по порядку P .

Выборка из таблиц для P , находящегося в ячейке 0006, и T , находящегося в 0005, осуществляется следующим образом:

0007	7I	00	00I5	0006	
00I0	I2	00	0000	000I	0I: 0000 0000 0 Пр
00II	I5	0I	0006	0I22	
2	72	00	00I6	0002	02: 0000 Ар 0000
3	I5	02	0000	0005	
4	66	00	00I7	0003	03: 0000 0000 Арт
5	00	00	0000	0I77	для 0007
6	00	00	7777	0000	для 00I2
7	00	00	0000	0II4	для 00I4

Таблица I

0020	2000	0III	4035	0042	2000	I354	4035
I	2000	0I57	0035	3	2000	I354	4035
2	2000	0224	4035	4	2000	I42I	0035
3	2000	0272	0035	5	2000	I42I	0035
4	2000	0337	4035	6	2000	I465	4035
5	2000	0405	0035	7	2000	I465	4035
6	2000	0452	4035	0050	2000	I532	0035
7	2000	0520	0035	I	2000	I532	0035
0030	2000	0565	4035	2	2000	I576	4035
I	2000	0633	0035	3	2000	I576	4035
2	2000	0700	4035				
3	2000	0746	0035	4	2000	I643	0035
4	2000	0I03	4035	5	2000	I707	0035
5	2000	0I6I	0035	6	2000	I753	0035
6	2000	0I26	4035	7	2000	20I7	0035
7	2000	0I74	0035	0060	2000	2063	0035
0040	2000	024I	4035	I	2000	2063	0035
I	2000	0307	0035	2	2000	2I73	0035
0063	2000	2237	0035	0I03	2000	3334	0035
4	2000	2303	0035	4	2000	3334	0035
5	2000	2347	0035	5	2000	3337	0035

6	2000	24I3	0035
7	2000	2457	0035
0070	2000	2523	0035
I	2000	2567	0035
2	2000	2633	0035
3	2000	2677	0035
4	2000	2743	0035
5	2000	3007	0035
6	2000	3053	0035
7	2000	3I17	0035
0I00	2000	3I63	0035
I	2000	3226	0035
2	2000	327I	0035

6	2000	3377	0035
7	2000	3442	0035
0II0	2000	3442	0035
I	2000	3505	0035
2	2000	3505	0035
3	2000	3550	0035
4	2000	3550	0035
5	2000	36I3	0035
6	2000	36I3	0035
7	2000	3656	0035
0I20	2000	3656	0035
I	2000	372I	0035

Таблица II

0I22	2000	0036	0027
3	2000	0036	0027
4	2000	0036	0027
5	2000	0054	4032
6	2000	0054	4032

7	2000	0054	4032
0I30	2000	0054	4032
I	2000	0066	4035
2	2000	0066	4035
3	2000	0066	4035

Объем программ обеих машин составляет 2400 команд, из них 16 команд связаны со взаимодействием машин.

Несмотря на то, что машины работают поочередно, благодаря замене счета выборкой из таблицы и последующей интерполяцией, выигрыш во времени по сравнению с одной машиной получается большим. Так подсчет одних и тех же вариантов на одной машине и на системе показал, что для $T = I073$ и $T = I473$ время счета на одной машине составляло соответственно 10 и 23 минуты, а на системе 15 и 18 секунд, т.е. система уменьшает время счета для этих вариантов соответственно в 40 и 76 раз.

Л и т е р а т у р а

1. В.Б. Нестеренко. Термодинамические и переносные свойства химически реагирующих газовых систем, под редакцией А.К. Красина, Минск, Изд. "Наука и техника", 1967 г.
2. М.А. Бажин, В.П. Бубнов, В.Б. Нестеренко. Расчет тепла регенерации в циклах, использующих рабочие тела с переменной теплоемкостью. Известия АН БССР, серия ФТН, № 4, 1966 г.
3. Ю.Г. Косарев. Примеры использования таблиц для сокращения времени счета. - Данный сборник, стр. 46-54

Поступила в редакцию
20.01.1967 г.