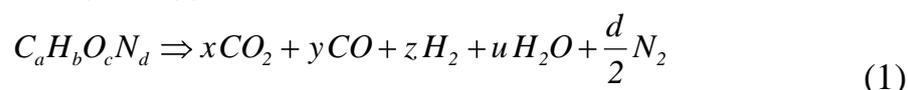


ПРИБЛИЖЕННЫЙ РАСЧЕТ СОСТАВА ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

Щипская В.В. (ТП-10М)*

Донецкий национальный технический университет

Многие процессы, протекающие внутри рабочего пространства теплового агрегата существенно зависят от состава и свойств продуктов горения топлива, поэтому определение состава продуктов горения является важной задачей. В первом приближении расчет состава продуктов горения сводится к отысканию и решению системы уравнений относительно коэффициентов реакции сгорания топлива, которая в общем виде записывается так:



где $C_a H_b O_c N_d$ - так называемая условная формула топлива; a, b, c, d - числа грамм-атомов соответствующих элементов в условной молекуле топлива; $x, y, z, u, d/2$ - числа грамм-молекул соответствующих веществ в продуктах сгорания топлива (коэффициенты реакции). После определения условной формулы топлива, определяют три соотношения для расчета коэффициентов реакции сгорания, представляющие собой уравнения материального баланса реагирующих веществ: баланс по углероду, баланс по водороду, баланс по кислороду. Следует иметь ввиду, что кроме основной реакции горения в газообразных продуктах протекают побочные обратимые реакции, основными из которых являются



и реакции диссоциации.

Для давлений и температур, характерных для тепловых агрегатов константа равновесия реакции (2) настолько велика, что эту реакцию можно считать предельно сдвинутой влево, т.е. не рассматривать при практических расчетах. Реакции диссоциации также не играют существенной роли, так что остается принять во внимание лишь реакцию (3), константа равновесия этой реакции дает дополнительное уравнение, с учетом которого система уравнений для определения коэффициентов реакции горения становится замкнутой:

$$a = x + y, \quad (\text{баланс по углероду})$$

$$b = 2z + 2u, \quad (\text{баланс по водороду})$$

$$c = 2x + y + u, \quad (\text{баланс по кислороду})$$

$$K = \frac{u y}{x z}. \quad (\text{константа равновесия})$$

Величина K зависит от температуры продуктов сгорания, поэтому реше-

*Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ПТ Пяташкин Г.Г.

ние системы может быть найдено лишь в случае, если известна температура сгорания топлива.

Для решения полученной системы уравнений, как самый оптимальный, был выбран метод Ньютона-Рафсона. Для данного метода необходимым условием сходимости является правильный выбор начальных параметров. Проблема выбора начальных параметров была решена с помощью метода координатного спуска, который заключается в поочередном поиске по каждой из координат минимума функции:

$$F = |x+y-a| + |2z+2u-b| + |2x+y+u-c| + |Kxz-uy|. \quad (4)$$

Алгоритм решения данных задач был реализован на языке программирования Pascal.

Прежде чем приступить к интересующему расчету сгорания на более простом примере был изучен способ составления и решения системы уравнений для определения состава продуктов сгорания. Были рассмотрен случай горения водорода при заданном постоянном давлении, при изменяющейся температуре и при изменяющемся давлении, [табл. 1, табл. 2]

В ходе расчетов были получены зависимости состава продуктов сгорания от давления и температуры, из которых сделан вывод, что температура значительно более резко влияет на состав продуктов сгорания, чем давление.

Таблица 1 – Состав продуктов горения водорода при P = 1 ата

T, K	K	H2O	H2	O2
2500	5,27E-08	0,999999909	0,000000091	0,500000046
2700	1,65E-06	0,999997142	0,000002858	0,500001429
2900	3,21E-05	0,999944405	0,000055595	0,500027797
3100	4,28E-04	0,999259414	0,000740586	0,500370293
3300	4,18E-03	0,992829025	0,007170975	0,503585487
3500	3,15E-02	0,949062944	0,050937056	0,525468523
3700	1,91E-01	0,923499754	0,076500264	0,538249877

Таблица 2 – Состав продуктов сгорания водорода при T = 3300 K

P, ата	K	H2O	H2	O2
1	4,18E-03	0,992829025	0,007170975	0,503585487
2	2,95E-03	0,994924945	0,005075055	0,502537527
3	2,41E-03	0,995848818	0,004151182	0,502075591
4	2,09E-03	0,996397737	0,003602626	0,501801313
5	1,87E-03	0,996774972	0,003225028	0,501612514
6	1,70E-03	0,997067013	0,002932987	0,501466493
7	1,58E-03	0,997273297	0,002726703	0,501363352

Зная состав продуктов сгорания топлива можно моделировать процесс горения, подсчитать основные величины, характеризующие свойства газовой смеси.