

Варианты конструкций камер сгорания с шахматным расположением отверстий через секцию (№3), шахматным расположением отверстий в соседних секциях (№4) и одним рядом отверстий (№5) показывают большее время пребывания линий тока в высокотемпературной зоне (при 2400 К) и соответственно более высокий уровень эмиссии оксида азота по сравнению с исходным (№1) и вариантом с отверстиями в соседних рядах (№ 2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куценко Ю.Г., Онегин С.Ф. Применение методов вычислительной газовой динамики для моделирования процессов течения многокомпонентного потока газа, горения и теплообмена в камере сгорания газотурбинного двигателя. Вестник СГАУ, Вып. 2. 2002. -С. 60-64.
2. CFX- TASCflow Theory Documentation, AEA Technology. 2002.

УДК 621.452.32

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И КИНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПАУ ПРИ ГОРЕНИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ

Лукачев С.В., Матвеев С.Г., Чечет И.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

Продукты сгорания углеводородных топлив обладают канцерогенной и мутагенной активностью, т.е. способны вызывать раковые заболевания у живых организмов и мутацию клеток, благодаря содержанию в них ПАУ (полициклические ароматические углеводороды). Для выявления путей образования ПАУ создаются модели, состоящие из детальных кинетических схем окисления углеводородных топлив, включающих сотни химических реакций и реагирующих веществ [1,2,3,4].

В связи с многочисленностью кинетических и термодинамических данных, а также разнообразностью форматов их представления, важной

задачей является создание инструмента, позволяющего хранить и добавлять новые данные, а также производить их конвертацию в необходимый формат.

Для решения поставленной задачи был проанализирован ряд СУБД [5] (система управления базой данных) – BDE, MS SQL, InterBase, Oracle – и выбрана наиболее подходящая для наших условий база (InterBase) с возможностью перспективного развития. СУБД InterBase отличается удобством администрирования и проектирования, простотой хранения и оперирования разнородными данными.

Анализ необходимых к хранению данных позволил спроектировать хранилище [6,7,8], которое учитывает особенности хранимых данных и их возможных модификаций. Оно включает в себя табличное пространство, в которое входят две таблицы, содержащие соответственно термодинамические и кинетические данные, с реляционными связями «многие-ко-многим». Таблица термодинамических свойств индивидуальных веществ содержит, безразмерные коэффициенты (a_i) термодинамических полиномов в форме NASA, использующиеся для расчетов удельной теплоемкости (C_p), энтальпии (H), энтропии (S) в зависимости от температуры (T), а также уникальное наименование химического вещества и его строение. Полиномы представлены в форме:

$$C_p/R = a_1 + a_2 \cdot T + a_3 \cdot T^2 + a_4 \cdot T^3 + a_5 \cdot T^4, \quad (1)$$

$$H/RT = a_1 + \frac{1}{2} a_2 \cdot T + \frac{1}{3} a_3 \cdot T^2 + \frac{1}{4} a_4 \cdot T^3 + \frac{1}{5} a_5 \cdot T^4 + \frac{1}{T} a_6, \quad (2)$$

$$S/R = a_1 \cdot \ln T + a_2 \cdot T + \frac{1}{2} \cdot a_3 \cdot T^2 + \frac{1}{3} \cdot a_4 \cdot T^3 + \frac{1}{4} \cdot a_5 \cdot T^4 + a_7. \quad (3)$$

Данная таблица включает более 750 веществ, состоящих из атомов C, H, N, O.

Таблица кинетических данных для элементарных химических реакций, содержит вид реакции, ее направление, кинетические данные, записанные в трехпараметрической форме Аррениуса

$$k = A \cdot T^B \cdot e^{\frac{D}{T}}, \quad (4)$$

с параметрами A , B , $D = E_A/R$ для прямых и обратных реакций, где E_A – энергия активации, R – универсальная газовая постоянная. Запись веществ, входящих в реакции, строго соответствует уникальному набору из таблицы термодинамических свойств индивидуальных веществ. На данный момент таблица содержит более 4500 элементарных химических реакций взятых более чем из 10 источников, описывающих образование и расходование практически всех веществ из базы термодинамических свойств индивидуальных веществ, включая большинство известных ПАУ, таких как бенз(а)пирен, бенз(б)флуорантен, дибенз(а,h)антрацен и других.

Программный интерфейс для работы с данными был выполнен с использованием среды разработки Delphi 7.0. Обращение к данным осуществлялось посредством языка запросов SQL-97. Созданный программный продукт обладает следующими возможностями:

- отбор данных по различным условиям (присутствие того или иного химического элемента в базе или наборе химических реакций, как по наименованию, так и по вхождению в него определенного вида и количества атомов C , H , N , O , отбор по принадлежности к источнику, и т.д.);
- конвертирование данных в формат программы расчета любой разработанной кинетической схемы.

В результате проведенной работы был создан инструмент, позволяющий создавать кинетические схемы, описывающие пути образования и расходования ПАУ с возможностью насыщения его как большим числом химических веществ и химических реакций, так и возможностью совершенствования дальнейшего конвертирования данных и расширения программного функционала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Frenklach M. and Wang H. In: Soot Formation in Combustion. (Bockhorn, H., Ed.), Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1994, p. 165.
2. Modeling of Aromatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation in Premixed Methane and Ethane Flames. / Marinov N.M., Pitz W.J., Westbrook C.K., Castaldi M.J. and Senkan S.M. // Combust. Sci. and Tech. 116-117. 1996. p.211-287.

3. Aromatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation in a Premixed Propane Flame. / Marinov N.M., Castaldi M.J., Melius C.F. and Tsang W. // Combust. Sci. and Tech. 128. 1997. p.295-342.
4. Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and their radicals in a nearly sooting Premixed Benzene Flame. / Richter H., Benish T.G., Mazyar O.A., Green W.H. and Howard J.B. // Proceedings of the Combustion Institute, Volume 28. 2000, p.2609–2618.
5. Базы данных. / Хоменко А.Д., Цыганков В.М., Мальцев М.Г. // Учебник для вузов. – М.: Корона-принт, 2004. – 736 с.
6. Малыгина М.П. Базы данных: основы, проектирование, использование. / Учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 512 с.
7. Кириллов В.В. Основы проектирования реляционных баз данных. – СПб.: СПГИМнО, 2001. – 126 с.
8. Карпова Т.С. Базы данных: модели, разработка, реализация. – СПб.: Питер, 2002. – 304 с.

УДК 536.24:532.517.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРФОРИРОВАННОЙ СТЕНКИ ЖАРОВОЙ ТРУБЫ С НАКЛОННЫМИ ЩЕЛЯМИ И АЭРОДИНАМИКИ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА СТЕНКЕ

Лукаш В.П., Рекин А.Д., Свириденков А.А., Стряпунин С.А.

Центральный институт авиационного моторостроения, г. Москва

Введение. В высокотемпературных камерах сгорания жаровые трубы из металлических материалов должны изготавливаться из двойных стенок, так как при малых расходах воздуха, выделяемого для охлаждения стенок, должно быть организовано совместное интенсивное конвективное и пленочное охлаждения. Двойная перфорированная стенка состоит из “холодной” стенки с нормальными отверстиями и “горячей” стенки с наклонными отверстиями или щелями.