

**АППАРАТ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
В УСТАНОВКАХ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

*Ю.В. Верюжский, А.В. Шимановский, Б.Н. Барбышев, Г.Г. Гелетуха,
А.М. Гринько, Л.В. Андросчук, Б.П. Иващенко, Е.В. Штефан
НИИ механики быстротекающих процессов, Киев, Украина*

**THE DEVICE OF NUMERICAL MODELING OF PROCESSES
IN THE INSTALLATIONS OF THE THERMAL RADIOACTIVE
WASTE PROCESSING**

*Y. Veruzhski, A. Shimanovski, B. Barbishev, G. Geletuha,
A. Grinko, L. Androshchuk, B. Ivashchenko, E. Shtefan
Kiev, Ukraine*

*Представлена общая концепция математического моделирования процессов
и элементов конструкций в технологиях газификации и пиролиза радиоактивных
отходов. С использованием метода конечных элементов рассмотрен пример сжи-
гания древесных отходов в пиролизном реакторе диаметром 0,15 м.*

При проектировании установок термической переработки радиоактивных материалов с выделением летучих продуктов сгорания возникает необходимость во всестороннем теоретическом анализе соответствующих химико-термических и физико-механических процессов.

Данная работа выполняется в НИИ Механики быстропротекающих процессов при Киевском международном университете гражданской авиации в соответствии с планом проекта 651j Украинского научно-технического центра по разработке технологии пиролизической переработки, обезвреживания и компактирования горючих радиоактивных техногенных отходов.

Предлагаемая концепция моделирования процессов, реализуемых в рассматриваемой технологии, предполагает ее разделение по следующим отдельным взаимосвязанным направлениям.

1. Моделирование химикотермических процессов внутри реактора пиролизической установки.

Исходные данные: Конструктивно-технологические параметры реактора; тип и характеристики утилизируемых материалов и их радионуклидный состав.

Результаты: Температурное распределение в зоне реактора; определение характеристик дымовых газов; прогнозирование путей миграции каждого из радионуклидов (цезий, стронций, трансурановые) из топлива в продукты горения.

Практическое применение

- выбор рациональных конструктивно-технологических параметров газификационной установки;
- определение влияния конструктивно-технологических параметров установки на миграцию радионуклидов;
- определение исходных данных для проектирования систем газоочистки;
- определение исходных данных для проектирования систем компактирования продуктов сгорания.

В основу решения задач данного направления положена численная методика, основанная на разбиении внутриреакторного пространства на отдельные зоны, в каждой из которых выполняется расчет массового и теплового балансов с последующим применением метода конечных элементов для решения задачи теплопроводности.

2. Моделирование термонапряженного состояния элементов технологического оборудования газификационной установки.

Исходные данные: Пространственно-временные параметры режимов термодинамического нагружения. Физико-механические характеристики используемых материалов.

Выходные данные: Кинетика изменения напряженно-деформированного состояния элементов технологического оборудования газификационной установки.

Практическое применение: Прогнозирование надежности, долговечности, ресурса аппарата; проектирование систем теплоизоляции газификационной установки.

Задачи данного направления решаются на основе метода конечных элементов реализованного в виде отечественных и зарубежных специализированных программных систем (PLAST, HEAT, NASTRAN, ANSYS).

3. Моделирование процесса газоочистки.

Исходные данные: Количество газовой смеси с заданными концентрациями составляющих газа и концентрацией радионуклидов.

Выходные данные: Концентрация радионуклидов при прохождении газовой смеси через систему очистки различных типов.

Практическое применение: Определение рациональных конструктивно-технологических параметров оборудования.

Для решения задач данного направления разработаны числовые модели, реализующие известные инженерные методы расчета газоочистных установок.

4. Моделирование процессов консолидации зольных остатков, отвечающих принятым технологиям их компактирования.

Исходные данные: Количество зольных остатков с заданными термомеханическими параметрами и концентрацией радионуклидов.

Выходные данные: Определение рациональных конструктивно-технологических параметров используемых технологий.

Практическое применение: Определение исходных параметров для проектирования технологической оснастки.

Для решения данных задач разработана программная система PLAST-S-002, реализующая конечно-элементную идеологию применительно к анализу обработки давлением дисперсных порошковых материалов.

Вкратце остановимся на описании подхода к решению первой из перечисленных задач. Пространство по высоте газификатора разбито на 3 зоны [1]: зону газификации, зону пиролиза и зону сушки. В зону газификации поступает определенное количество древесного угля из зоны пиролиза, а на выходе из зоны газификации образуется газ, основными составляющими которого являются CO , CO_2 , H_2 , H_2O , и кроме того, при недостатке кислорода некоторое количество углерода не сгорит. массовые концентрации каждого из компонентов составляют 5 неизвестных величин. Для их определения используются три уравнения материального баланса по углероду, водороду и кислороду и два уравнения химического равновесия реакций, протекающих в этой зоне. По известной теплотворной способности определяется выделившееся количество тепла и по рассчитанной концентрации газов определяется их теплоемкость и температура. Выход из зоны газификации является входом для зоны пиролиза, которая анализируется подобным образом. Наконец, в последней зоне, зоне сушки, отсутствуют химические реакции, а присутствуют процессы теплообмена, теплопередачи и испарения влаги. Решение в этой зоне отыскивается традиционными сеточными методами. В результате определяется распределение температуры в реакторе и состав выходящих газов.

Представленные балансные соотношения положены в основу при разработке модели процесса горения по тепловой схеме. Для решения нестационарной задачи теплопроводности использованы проекционно-сеточные методы в виде метода конечных элементов по пространственным переменным и метода конечных разностей по временному аргументу.

В качестве примера рассмотрен процесс горения смеси деревянных кусочков (представительный размер 0,02 м) со стальными стружками (инертный материал) в цилиндрическом пиролизическом реакторе диаметром 0,16 м (рис. 1). Весовое со-

отношение горючего и инертного материала принято 1/1. В исходном состоянии высота загрузки топлива составляет 0,8 м. Учитывая неоднородную структуру материала, заполняемого зону реактора, его теплофизические характеристики будем задавать набором приведенных параметров

$$\rho_{\text{м}} = \rho_1 \alpha_1 + \rho_2 \alpha_2 + \rho_3 \alpha_3,$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — объемные содержания составляющих фаз.

Задачу рассматриваем в осесимметричной постановке. Для инициирования процесса горения подводится тепловой поток $q=60 \text{ кВт/м}^2$. При температуре 500–600 °С иницирующий поток отключается ($q=0$), а также подключаются внутренние тепловые источники $Q=8 \times 10^6 \text{ Вт/м}^3$. Источники включаются при 350 °С и отключаются при 1050 °С. На боковых поверхностях задаются условия конвективного теплообмена ($h=7 \text{ Вт/м}^2 \text{ град}$). Свойства материалов приведены в таблице.

Материал	Плотность (кг/м^3)	Теплоемкость (Дж/кг. град)	Теплопроводность (Вт/м. град)
Сосна	550	2512	0,291
Сталь 45	7794	561	32
Воздух	1,2	1005	0,07

На рис. 2, 3 показано распределение температуры внутри реактора в процессе горения в различные моменты времени.

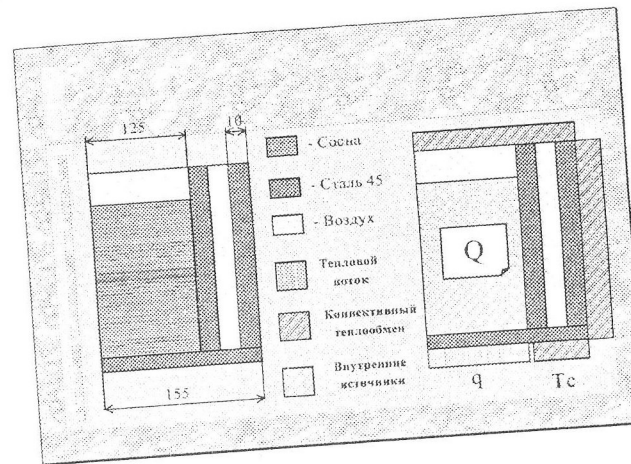


Рис. 1.

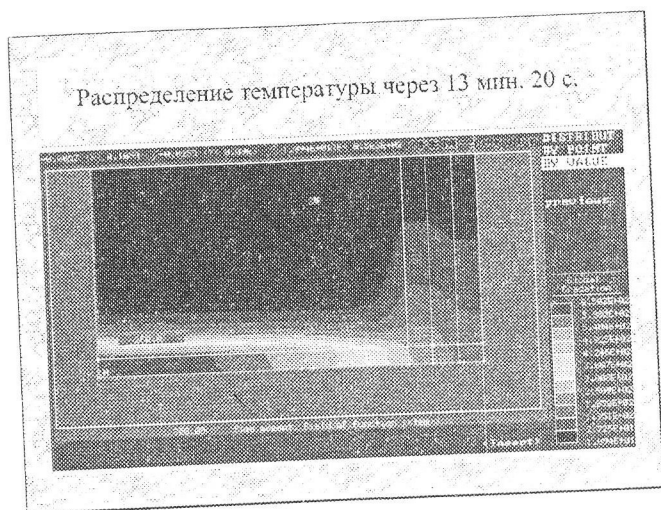


Рис. 2.

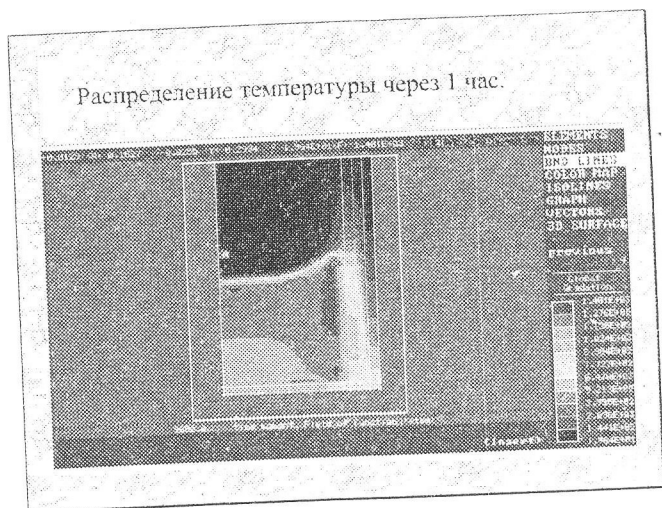


Рис. 3.

Литература

- 1 Гинзбург Д.Б. Газификация твердого топлива. — М.: 1958. — 102 с.