

УДК 62-519

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СТЕНДА ПО ИЗУЧЕНИЮ КИНЕТИКИ РЕАКЦИЙ С УЧАСТИЕМ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

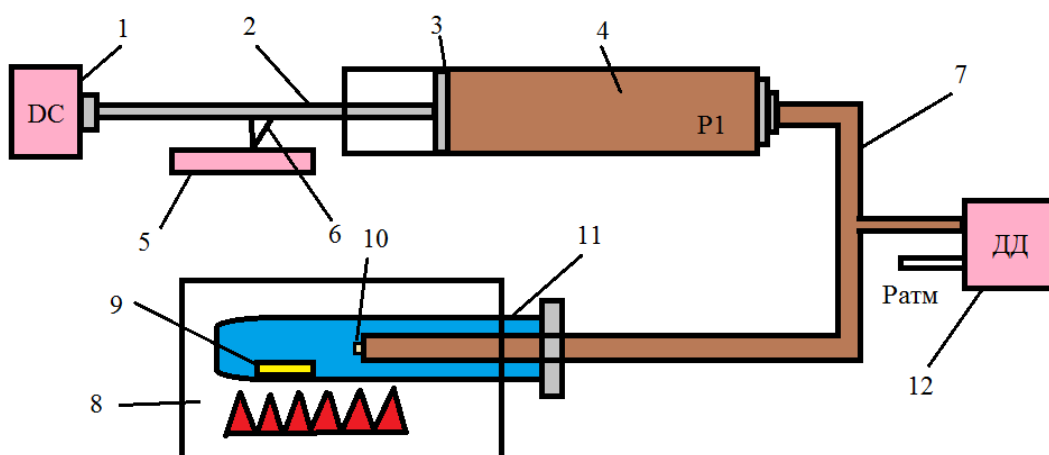
Семаненко И. В., студ.; Кузнецов Д. Н., доц., к.т.н., доц.
(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

На металлургическом факультете ДОННТУ создан и внедрен в эксплуатацию учебно-исследовательский стенд по изучению кинетики реакций с участием газовой фазы. Данный стенд используется для определения температур протекания реакций разложения различных веществ с измерением объема выделяющегося при разложении газа.

На данный момент уровень автоматизации данного стенда низкий и актуальной является задача разработки электронной системы, которая бы обеспечила работу стенда в автоматическом режиме с регистрацией данных на персональном компьютере (ПК), что значительно упростит процедуру проведения исследований, увеличит точность и достоверность получаемых результатов и повысит результативность в целом.

Целью работы является обоснование структурной схемы электронной системы лабораторного стенда по изучению кинетики реакций с участием газовой фазы.

Схема лабораторного стенда представлена на рисунке 1. Стенд обеспечивает нагрев и разложение исходного вещества на химические составляющие при постоянном давлении с регистрацией температуры разложения и объема выделившегося газа.



- 1 – Двигатель с редуктором; 2 – вал двигателя; 3 – поршень; 4 – цилиндр; 5 – реохорд;
6 – ползунок; 7 – пневмотрубка; 8 – электропечь; 9 – исследуемое вещество; 10 – термopара;
11 – герметичная колба; 12 – датчик давления.

Рисунок 1 – Схема лабораторного стенда

Стенд функционирует следующим образом. Исследуемое вещество, например карбонат кальция, помещается в герметичную колбу, которая нагревается с помощью электропечи

мощностью ~500Вт. В процессе нагревания при определенной температуре вследствие химической реакции разложения из вещества выделяется газ, что приводит к повышению давления в рабочем объеме колбы. Изменение давления регистрируется датчиком дифференциального давления, который измеряет разность между давлением в колбе P_1 и атмосферным давлением $P_{атм}$. Необходимым условием протекания реакции является обеспечение постоянного давления в колбе на уровне атмосферного:

$$\Delta P = P_1 - P_{атм}. \quad (1)$$

Для этого используется цилиндр с поршнем и двигатель, который перемещает поршень, тем самым увеличивая или уменьшая давление. Объем выделившегося газа определяется по положению поршня. Для этого на валу двигателя закреплен ползунок реохорда.

При повышении температуры в какой-то момент времени начинается реакция, при которой регистрируется кривая разложения исследуемого вещества. Типовой вид зависимости объема выделившегося газа V при изменении температуры T для реакции разложения карбоната кальция (мела) представлен на рисунке 2.

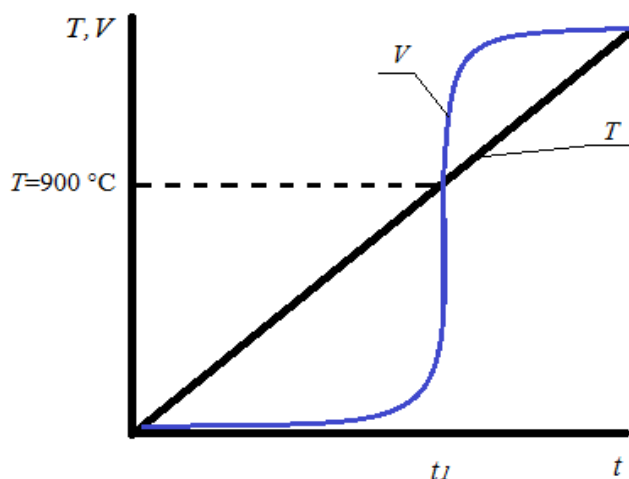


Рисунок 2 – График развития реакции разложения карбоната кальция

Карбонат кальция в момент времени t_1 при нагревании до $T=900$ °С расщепляется на негашеную известь CaO и углекислый газ CO_2 согласно уравнению:



Реакция разложения карбоната кальция является обратимой реакцией и при снижении температуры протекает в обратном направлении с уменьшением объема газа.

На рисунке 3 представлена предложенная структурная схема разрабатываемой электронной системы. Система работает под управлением микропроцессорного (МП) модуля, который обеспечивает выполнение в автоматическом режиме следующих основных функций:

- нагрев и остывание электропечи с реализацией заданного закона изменения температуры;
- измерение текущей температуры в печи;
- измерение текущего давления в рабочем объеме колбы;
- поддержание давления в колбе неизменным и равным атмосферному давлению путем управления направлением и скоростью вращения двигателя постоянного тока, вал которого перемещает поршень в цилиндре насоса;
- измерение текущего объема выделившегося в результате реакции разложения исследуемого вещества объема газа путем определения положения поршня в цилиндре насоса;

– обмен данными с ПК.

В качестве датчика температуры используется термопара типа платина-платинородий с верхним пределом измерений $T_{max}=1400$ °С. Слабый сигнал термопары усиливается электронным усилителем с коэффициентом усиления по напряжению равным 120.

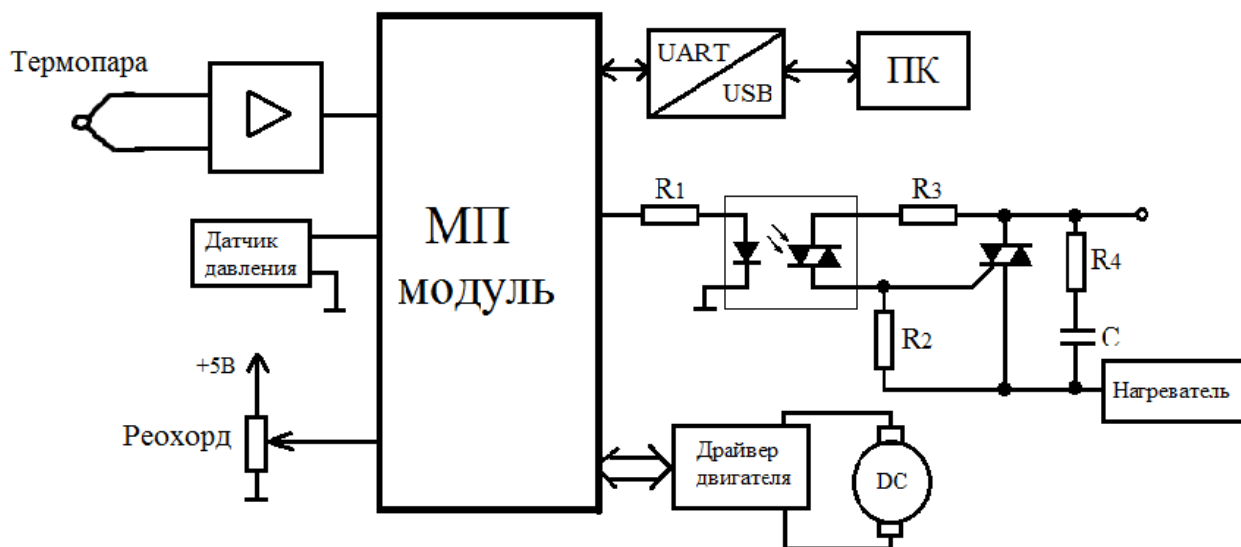


Рисунок 3 – Предложенная структурная схема разрабатываемой электронной системы

В роли датчика давления выбран интегральный датчик дифференциального давления MPXV7002DP компании WINSTAR, со следующими характеристиками:

- диапазон измеряемых давлений, кПа ± 2 ;
- максимальный выходной сигнал, мВ ± 2500 ;
- чувствительность, В/кПа 1;

Объем газов в колбе измеряется при помощи реохорда, подвижный ползунок которого перемещается вместе с поршнем. Для этого определяется текущее положение поршня x и осуществляется вычисление объема газов V по формуле:

$$V = S \cdot (x - x_0), \quad (3)$$

где S – площадь поршня (основания цилиндра), x_0 – исходное положение поршня при комнатной температуре.

Для перемещения поршня используется двигатель постоянного тока с редуктором. Драйвер двигателя обеспечивает вращение вперед-назад и регулирование частоты оборотов.

Выводы.

Предложенная структура измерительной системы обеспечивает автоматический разогрев печи по заданному закону изменения температуры с поддержанием неизменного давления в рабочем объеме и регистрацией контролируемых параметров (температуры и объема выделившегося газа) на ПК, что значительно упрощает процедуру проведения исследований, повышает их точность, достоверность и результативность.

Перечень ссылок

1. Заика, В. И. Исследование водородной хрупкости высокопрочных сталей и разработка способов ее устранения : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Донецк, 1980. – 25 с.
2. Разложение карбоната кальция [Электронный ресурс] // Большая энциклопедия нефти и газа. – Режим доступа : <http://www.ngpedia.ru/id363276p1.html>. – Загл. с экрана.