

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

П.К. Ланге, Н.А. Колчева

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассмотрена проблема определения газовой выделения конструкционных материалов систем космических аппаратов. Описана информационно-измерительная система определения газовой выделения материалов при повышении их температуры.

Ключевые слова: газовойделение материалов, нагрев, конструкционные материалы, дифференциальный термический анализ.

Процессы воздействия космической среды на материалы космических аппаратов (КА) определяют такие их характеристики, как продолжительность активного существования КА, надежность их работы. Важнейшую роль в обеспечении длительной и безотказной работы космических аппаратов играет стойкость конструкционных материалов и элементов аппаратуры КА к воздействию внешних факторов: глубокого вакуума, корпускулярных и электромагнитных излучений разных видов и т. д. Такие факторы могут вызвать газовойделение конструкционных материалов, которое, в свою очередь, изменит эксплуатационные характеристики различных систем КА (в частности понизит срок их эксплуатации). В данной статье рассмотрено влияние газовойделения материалов конструкционного назначения на эксплуатацию систем космических аппаратов, а также методы контроля уровня газовойделения при выборе конструкционных материалов.

В вакууме любой материал выделяет газы и пары, адсорбированные на его поверхности и в его объеме. В последнем случае процессу газовойделения предшествует диффузия атомов и молекул газов к поверхности. Аналогичным образом происходит испарение из материалов различных примесей и добавок. С поверхности происходит испарение (сублимация) основного материала. Скорость испарения характеризуется массой вещества, испаряющегося в единицу времени с единицы поверхности материала. Эта скорость возрастает при увеличении температуры поверхности, она зависит также от условий отвода паров от поверхности: чем ниже давление паров над поверхностью по отношению к давлению насыщенного пара испаряющегося вещества, тем выше скорость испарения.

Рассмотрим параметры атмосферы на тех высотах, где КА может функционировать в течение длительного времени. В таблице приведены значения давления, плотности и температуры воздуха, а также концентрации нейтральных частиц в атмосфере Земли от высоты 200 км, которая обычно принимается за нижнюю границу орбитальных полетов, до высот в десятки тысяч километров, на которых функционируют искусственные спутники Земли, запускаемые на геостационарные и высокоэллиптические орбиты. Температура воздуха, приведенная в таблице, характеризует лишь кинетическую энергию частиц газа и не оказывает прямого влияния на температуру поверхности КА в силу крайней разреженности окружающей среды.

Петр Константинович Ланге (д.т.н., проф.), профессор кафедры «Информационно-измерительная техника».

Наталья Александровна Колчева, аспирант.

Значения давления, плотности и температуры воздуха в космическом пространстве

Высота, км	Давление, Па	Плотность, г/см ³	Температура, К	Концентрация частиц, см ⁻³
200	$8,5 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-13}$	1 200	$7,0 \cdot 10^9$
1 000	$4,0 \cdot 10^{-9}$	$1,5 \cdot 10^{-18}$	1 600	$1,5 \cdot 10^5$
10 000	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$1,0 \cdot 10^{-20}$	15 000	$1,0 \cdot 10^3$
50 000*	$1,5 \cdot 10^{-11}$	$2,5 \cdot 10^{-22}$	$2 \cdot 10^5$	3...4

* На высотах более 20 000 км частицы находятся преимущественно в ионизованном состоянии.

Из таблицы видно, что в рассматриваемом диапазоне высот давление падает более чем на 6 порядков.

Очевидно, что для открытых поверхностей КА нужно выбирать материалы с низкой скоростью испарения при той температуре, до которой они могут нагреваться в условиях космического пространства. Например, толщина пластины, изготовленной из кадмия или цинка, уменьшается за счет испарения в вакууме приблизительно на 0,1 мм в год уже при температуре 100...150 °С, которая вполне реальна за счет нагрева поверхности КА солнечным излучением. Чтобы получить такое же уменьшение толщины для пластины из алюминия, меди или никеля, пластину нужно нагреть до 750...1000 °С, а при 100...150 °С эти материалы практически не испаряются [1].

Уменьшение толщины материала может быть критично, например, в случае применения очень тонких пленок и покрытий, а также при эксплуатации материалов при высоких температурах. Кроме уменьшения толщины материала, следствием газовыделения в радиоэлектронных системах может быть, например, ухудшение оптических характеристик фотоприемников за счет образования осадка на фотоприемной поверхности. Указанные факторы могут приводить к существенному ухудшению параметров оптических приборов и даже к полному выходу приборов из строя, как это, например, произошло с бортовым спектрометром на метеорологическом ИСЗ «Нимбус-4» [1].

Как известно, газовыделение материалов увеличивается с повышением температуры. Это связано как с ускорением естественных процессов старения материала, так и с возникающими в них при определенных температурах фазовыми превращениями. При исследовании газовыделения требуется определение его объема, поскольку состав выделяющихся газов для конкретных материалов обычно заранее известен. Для достижения этой цели можно использовать дифференциальный термический анализ (ДТА) с помощью системы (рис. 1), в которой происходит сравнение сигналов, поступающих с двух датчиков теплопроводности, стоящих на входе и выходе газового потока.

Метод ДТА основан на сравнении термических свойств образца исследуемого вещества и термически инертного вещества, принятого в качестве эталона. Информационным параметром является разность их температур, измеряемая при нагревании или охлаждении образца с постоянной скоростью, которая может быть представлена в виде функции температуры образца, эталонного вещества или нагреваемой камеры. Изменения температуры образца при его линейном нагреве вызываются физическими переходами или химическими реакциями, связанными с поглощением или выделением тепла. В общем случае фазовые переходы, дегидратация, восстановление и некоторые реакции разложения сопровождаются эндотермическими эффектами, а кристаллизация, окисление и отдельные процессы разложения – экзотермическими [2]. Одновременно с определением теплофизических характеристик ис-

следуемого материала при его линейном нагреве определяется и его газовыделение с помощью детекторов по теплопроводности, один из которых помещается в поток инертного газа, продуваемого через камеру с исследуемым нагреваемым образцом, а второй – на выходе газового потока, проходящего через камеру. Известно, что сигнал, формируемый детектором, пропорционален скорости потока проходящего через него газа, а также его теплопроводности, то есть наличия в потоке чистого газа примесей.

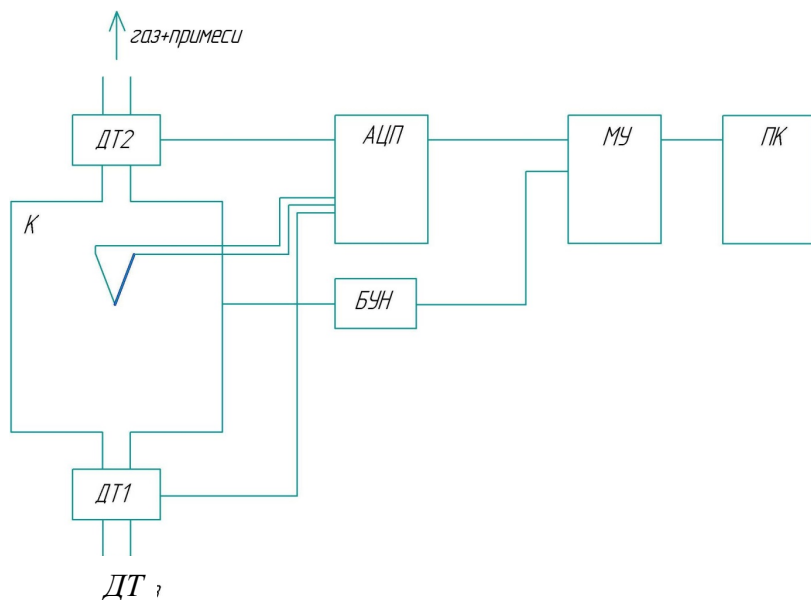


Рис. 1. Функциональная схема ИИС:

ДТ1, ДТ2 – датчики теплопроводности; БУН – блок управления нагревом;
МУ – микропроцессорное устройство; АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
ПК – персональный компьютер; ДТ – датчик температуры; К – камера

Таким образом, разностный сигнал этих детекторов определяется объемом газовой выделения исследуемого образца и не зависит от скорости потока инертного газа, что является достоинством предлагаемого метода определения свойств исследуемых материалов.

Через камеру продувается инертный газ, в потоке которого размещен датчик ДТ1. Выходной газовый поток формируется инертным газом, содержащим выделяемые из образца при его нагревании газовые примеси. В выходном газовом потоке размещен датчик ДТ2. Сигналы с этих датчиков, а также с датчика температуры нагреваемой камеры поступают на аналого-цифровой преобразователь АЦП, а затем – на микропроцессорное устройство (МУ). Данные с МУ передаются на персональный компьютер. МУ также формирует линейно изменяющийся во времени сигнал, поступающий на блок БУН нагрева камеры.

При дифференциальном методе детектирования, используемым в описанной системе, количество компонента, выходящего из колонки к определенному моменту времени, определяется значением интеграла по времени от произведения расхода W газа на его концентрацию в данный момент времени (рис. 2).

Если считать скорость W газового потока постоянной, что действительно соблюдается для малых концентраций выделяемых газовых компонентов, то интеграл концентрации компонента по времени пропорционален площади S под пиком сигнала C :

$$S = W \int_{t_1}^{t_2} C dt.$$

Обработка измерительной информации в описанной системе практически не отличается от обработки хроматографического сигнала [3].

Таким образом, применение описанной системы позволит решить важную практическую задачу – оценить газовыделение материалов при их нагреве, что имеет особенное значение при разработке конструкций космических аппаратов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акишин А.И., Новиков Л.С. Воздействие окружающей среды на материалы космических аппаратов // Новое в жизни, науке, технике. Сер. Космонавтика, астрономия. – № 4. – М.: Знание, 1983. – 64 с., ил.
2. Егунов В.П. Введение в термический анализ. – Самара: СамВен, 1996. – 270 с.
3. Бражников В.В. Детекторы для хроматографии. – М.: Машиностроение, 1992. – 320 с.

Статья поступила в редакцию 13 марта 2013 г.

SYSTEM FOR GAS EMISSION MEASURING OF THE CONSTRUCTION MATERIALS THAT USED IN SPACECRAFTS.

P.K. Lange, N.A. Kolcheva

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

In the paper the problem of the gas emission determination of the construction materials that used in spacecrafts is considered. The data measurement system for gas emission designation of the construction materials in temperature increasing conditions is described.

Keywords: gas emission, heating, materials of construction, differential thermal analysis.

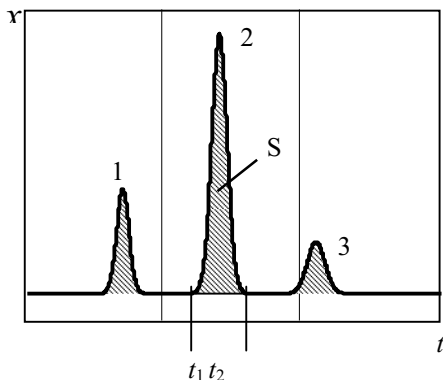


Рис. 2. Дифференциальный сигнал S :

1...3 – информационные пики, соответствующие выделяемым при нагреве газовым компонентам