

**Язвинская Н.Н.**

доцент, к.т.н. Донской государственный технический университет, лаборатория электрохимической и водородной энергетики

## **АНАЛИЗ ГАЗА, ПОЛУЧЕННОГО В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕПЛООВОГО РАЗГОНА**

### ***Аннотация***

*В данной статье изучается состав газа выделяемого при тепловом разгоне, который встречается в никель-кадмиевых, свинцово-кислотных, литиевых аккумуляторах при их работе в буферном режиме.*

**Ключевые слова:** тепловой разгон, никель-кадмиевые аккумуляторы  
**Keywords:** thermal runaway, nickel - cadmium batteries

Тепловой разгон встречается в никель-кадмиевых, свинцово-кислотных, литиевых, металло-гидритных и т.д. аккумуляторах [1], то есть тепловой разгон – явление свойственное аккумуляторам практически всех электрохимических систем. Внешне тепловой разгон в аккумуляторах всех отмеченных систем протекает одинаково. При перезаряде аккумуляторов при постоянном напряжении или при их работе в буферном режиме они могут внезапно сильно разогреться, плавиться, гореть, дымиться или взрываться в зависимости от их электрохимической системы, конструкции, материала корпуса и т.д.

Аккумуляторы, в которых наблюдается тепловой разгон, в настоящее время устанавливаются во многие приборы как бытового, так и специального назначения: мобильные телефоны, компьютеры, самолеты, резервные источники коммуникационных сетей и т.д. Тепловой разгон аккумуляторов в этих приборах и системах неминуемо приведет или к выходу их из строя или к трудностям в их работе. Таким образом, тепловой разгон является в настоя-

щее время серьезным препятствием в работе очень большого числа современных приборов и систем.

Данная работа продолжает исследования теплового разгона в никель-кадмиевых аккумуляторах начатые в работах [2-15]. Цель этой работы изучить состав газа выделенного при тепловом разгоне.

В экспериментах использовались аккумуляторы НКБН-25-У3. Заряд происходил при напряжении 2,2 В в течении 10 часов. Разряд согласно инструкции по эксплуатации данных аккумуляторов. Было выполнено 800 рядно-разрядных циклов.

Состав газовой смеси, выделившейся в результате теплового разгона, представлен в таблице 1. Общее количество газовой смеси определялось по первоначальному объему выделившегося газа. Затем накопитель газовой смеси охлаждался до комнатной температуры. Далее производилось повторное определение объема выделившегося газа. Разность этих объемов давала объем выделившегося пара.

**Таблица 1.** Состав газовой смеси выделившейся в результате теплового разгона

Параметры газовыделения	Аккумуляторы	
	№06301	№14412
Общее количество газовой смеси выделившейся в результате теплового разгона, л.	325	348
Количество выделившегося пара, л.	70	62
Оставшийся газ, л.	255	286

Относительная ошибка измерения объемов не более 10 %.

Таким образом, в результате теплового разгона происходит очень интенсивное, в течение 2-4 минут, газовыделение порядка 320-360 литров газа и пара из одного аккумулятора.

Чисто теоретически в результате теплового разгона могут выделяться следующие вещества: пары воды, водород и кислород из-за разложения воды и оксидов в электродах, продукты горения сепаратора.

Пары воды отделялись при охлаждении газонакопителя. В связи с этим, задача данного параграфа состоит в исследовании качественного и количественного состава оставшегося газа.

Анализ газа был выполнен с помощью объемно-оптического газоанализатора ООГ-2М. Данный прибор способен определять процентный состав газовой смеси, состоящей из углекислого газа, кислорода, оксид углерода, водорода и метана. Причем углекислый газ, кислород и оксид углерода определяется газо-объемным методом, а метан и водород - оптическим с помощью встроенного интерферометра.

Результаты анализа газовых смесей, полученных из четырех различных аккумуляторов после теплового разгона, представлены в таблице 2.

**Таблица 2.** Состав газовых смесей после теплового разгона аккумуляторов НКБН-25-У3

Природа газов	Серийный номер аккумулятора	
	№14412	№06301
	Концентрации газов, %	
H <sub>2</sub>	85	89
O <sub>2</sub>	14	10,2
Прочие газы	1	0,8

Абсолютная ошибка процентной концентрации газов в таблице 2 составляет 0,3-0,5 %.

Полученные результаты несколько неожиданные, так как если предположить, что в результате теплового разгона происходит только разложение воды электрохимическим или термическим путем то процентное соотношение между водородом и кислородом должно быть следующим: кислорода 33,3 %, водорода 66,7 %, т.е. один к двум.

Если предположить, что в результате теплового разгона из-за высокой температуры распадаются гидроксиды, то при этом увеличилось бы процентное содержание кислорода в газовой смеси, но никак не водорода.

Полученные результаты можно объяснить, только предположив, что водород уже присутствовал в электродах в какой-то форме еще до теплового разгона, а в результате этого процесса, возможно из-за высокой температуры, он выделился в больших количествах.

### Литература

1. Guo Y., in: J. Garche (Ed) Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, V. 4, Elsevier, Amsterdam (2009) 241.
2. Н.Е. Галушкин, В.Ф. Кукоз, Н.Н. Язвинская, Д.Н. Галушкин Тепловой разгон в химических источниках тока Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2010. 210с.
- 3 Д.Н. Галушкин, Н.Е. Галушкин, Н.Н. Язвинская – Тепловой разгон в никель-кадмиевых аккумуляторах // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11-1. – С. 116-119.
4. Н.Е. Галушкин, Н.Н. Язвинская, И.А. Галушкина – Возможность теплового разгона в никель-кадмиевых аккумуляторах большой емкости с ламельными электродами // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2012. – № 3. – С. 89-92.
5. Н.Е. Галушкин, Н.Н. Язвинская, И.А. Галушкина – Возможность теплового разгона в цилиндрических и дисковых никель-кадмиевых аккумуляторах // Химическая промышленность сегодня. – 2012. – № 7. – С. 54-56.
6. N.E. Galushkin, N.N. Yazvinskaya, D.N. Galushkin, I.A. Galushkina – Thermal Runaway in Sealed Alkaline Batteries // International Journal of Electrochemical Science – 2014. – V. 9 – P. 3022 - 3028.
7. Н.Е. Галушкин, Н.Н. Язвинская, Д.Н. Галушкин – Исследование причин теплового разгона в герметичных никель-кадмиевых аккумуляторах // Электрохимическая энергетика. – 2012. – Т. 12. – № 4. – С. 208-211.
8. Н.Е. Галушкин, Н.Н. Язвинская, Д.Н. Галушкин – Тепловой разгон в никель-кадмиевых аккумуляторах с металлокерамическими и прессованными

- ми электродами // Электрохимическая энергетика. – 2012. – Т. 12. – № 1. – С. 42-45.
9. Н.Е. Галушкин, Н.Н. Язвинская, Д.Н. Галушкин – Тепловой разгон в никель-кадмиевых аккумуляторах // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2013. – № 2 (171). – С. 75-78.
10. Н.Е. Галушкин, Н.Н. Язвинская, И.А. Галушкина – Тепловой разгон в щелочных аккумуляторах // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2013. – № 6 (175). – С. 62-65.
11. N.E. Galushkin, N.N. Yazvinskaya, D.N. Galushkin, I.A. Galushkina – Causes analysis of thermal runaway in nickel-cadmium accumulators // Journal of The Electrochemical Society, – 2014. – V. 161. – № 9. – P. A1360-A1363.
12. Н.Е. Галушкин, Н.Н. Язвинская, Д.Н. Галушкин, И.А. Галушкина Возможность теплового разгона в никель-кадмиевых аккумуляторах фирмы SAFT // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2014. – № 3 (178). – С. 87-90.
13. N.E. Galushkin, N.N. Yazvinskaya, D.N. Galushkin – The mechanism of thermal runaway in alkaline batteries // Journal of The Electrochemical Society, – 2015. – V. 162. – № 4. – P. A749-A753.
14. Н.Е. Галушкин, Н.Н. Язвинская, Д.Н. Галушкин, В.П. Попов – Исследование влияния напряжения заряда на вероятность возникновения теплового разгона в никель-кадмиевых аккумуляторах // Фундаментальные исследования. – 2014. – №11(6). – С. 1225-1228.
15. N.E. Galushkin, N.N. Yazvinskaya, D.N. Galushkin – Ni-Cd batteries as hydrogen storage units of high-capacity // ECS Electrochemistry Letters. – 2013. – V. 2. – №1. – P. A1-A2.

**Работа выполнена в рамках гранта МК-4969.2016.8**