

Эксперимент по регистрации избыточного выделения энергии в тепловой ячейке, загруженной смесью порошков никеля и алюмогидрида лития

И.Н. Степанов¹, Ю.И. Малахов², Ши Нгуен-Куок²

Аннотация—В данной работе дано описание экспериментальной установки, методики оценки энерговыделения в небольшой по объёму тепловой ячейке, загруженной смесью порошка никеля и алюмогидрида лития. Подтверждён результат, полученный ранее в работах Андреа Росси и А.Г. Пархомова, что при определённых условиях в ячейке происходит избыточное энерговыделение, т.е. количество выделенной тепловой энергии превышает подведённую.

I. ВВЕДЕНИЕ

В последнее время значительно возрос интерес к исследованию низкоэнергетической ядерной реакции (LERN), особенно после публикации результатов испытания высокотемпературного теплогенератора Андреа Росси, работающего на основе смеси никеля и алюмогидрида лития [1] и успешных экспериментов А.Г.Пархомова [2], [3]. Стало ясно, что необходимо проводить полномасштабные исследования как теоретического, так и экспериментального характера по определению закономерностей протекания реакции, по выявлению оптимального режима работы и особенно по выяснению условия протекания самоподдерживающейся реакции. Однако первые эксперименты показали, что реакция носит неустойчивый характер, так как протекает в узком диапазоне температур (практически находится за пределом температуры плавления топливного материала). В данной работе мы описываем конструкцию теплового генератора, калориметрическую методику измерения количества тепловой энергии и приводим первые результаты. В дальнейшем мы планируем на этой установке выполнить серию систематических исследований.

II. КОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛООВОГО РЕАКТОРА

Схематично конструкция экспериментального теплового генератора представлена на рис. 1.

¹ Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, stepanovigorn@gmail.com.

² Национальный исследовательский университет МЭИ, yumalakhov@yandex.ru, nguyenquocshi@yahoo.com.

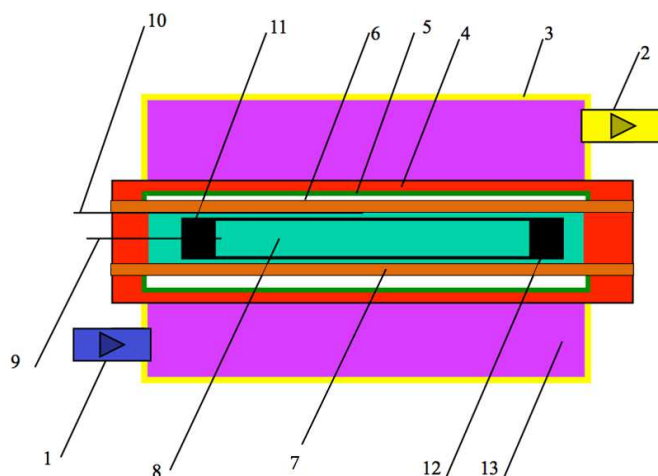


Рис. 1. Схема теплового генератора. 1 – входной штуцер с установленной в нём термопарой для подсоединения калориметра к магистрали с охлаждающей водой; 2 – выходной штуцер с термопарой для открытого слива воды; 3 – внешний корпус калориметра; 4 – внутренний корпус калориметра из медной трубы; 5 – электроизоляционный слой; 6 – нагреватель; 7 – керамический корпус нагревателя; 8 – тепловая ячейка с топливом; 9, 10 – термопары; 11, 12 – заглушки контейнера; 13 – проточная вода.

Основным элементом теплового генератора является тепловая ячейка 8, представляющая собой трубку цилиндрической формы, внутренний объём которой заполнен топливом. Исходное топливо состояло из однородно приготовленной смеси порошка Ni массой 0,9 г и алюмогидрида лития ($Li[AlH_4]$) – 0,1 г. Использовался порошок никеля марки ПНЭ-1 (ГОСТ 9722-97).

Геометрические размеры ячейки следующие – длина 160 мм, внутренний диаметр 4 мм, внешний – 6 мм. Для изготовления ячеек использовались высокотемпературные материалы, такие как нержавеющей сталь марки 12X18H10T и керамика на основе Al_2O_3 .

Один из концов трубки герметично закупорен термостойким вакуумно-плотным цементом 12, а на другом конце, 11, установлена термопара 9, плотно зафиксированная тем же цементом. На внешней стороне тепловой ячейки, в её средней части расположена вторая термопара 10. Таким образом, в процессе эксперимента

одновременно регистрировалась температура в двух разных точках тепловой ячейки, что позволило не только зафиксировать начало реакции, но и проследить за её дальнейшим развитием. Для измерения температуры воды и корпуса тепловой ячейки использовались однотипные хромель-алюмелевые термодатчики ТХА(К). Фотография полностью собранной тепловой ячейки в рабочем состоянии представлена на рис. 2.

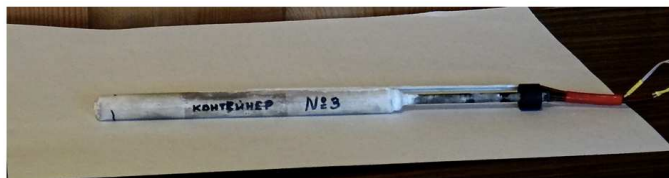


Рис. 2. Общий вид тепловой ячейки.

Далее собранная тепловая ячейка (см. рис. 1) устанавливалась внутри цилиндрического нагревателя 6 – керамической трубки, по внешней поверхности которой намотана фехрелевая проволока диаметром 0,56 мм и сопротивлением 21 Ом, с защитным электроизоляционным слоем 5, предотвращающим электрический контакт с калориметром. На рис. 3 представлен нагреватель с установленной внутри него тепловой ячейкой, подготовленный к установке в калориметр и подключению к блоку питания и измерительным приборам.



Рис. 3. Общий вид нагревателя с установленной внутри него тепловой ячейкой.

III. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫДЕЛЯЮЩЕГОСЯ ТЕПЛА

Для определения выделяющегося тепла в результате реакции использовался известный и хорошо апробированный калориметрический метод. Калориметр имеет коаксиальную цилиндрическую форму и открытый выход для воды. Внешний цилиндр изготовлен из нержавеющей стали, а внутренний из медной трубы. Объем между внутренней и внешней стенками калориметра заполнялся проточной водой, а расход воды определялся с помощью расходомера AQUARIUS P. Для стабилизации скорости потока (расхода) воды, т.е. с целью сглаживания бросков давления в магистрали, изготовлен демпфирующий бак. Внешний вид бака показан на рис. 4.

Температура воды на входе и выходе калориметра измерялась, как указано выше, термодатчиками, подключенными к измерителю-регулятору ТРМ202 (производитель фирма ОВЕН, Россия). В контрольно-измерительном и управляющем каналах используются серийно выпускаемые приборы этой фирмы, функциональные возможности которых позволяют объ-



Рис. 4. Демпфирующий бак.

единять их в одну систему с выходом на персональный компьютер и единым программно-временным управлением.

Количество произведённой генератором теплоты определялось по разности температур воды. Температура воды на входе в калориметр составляла 16 °С, а наибольшее значение на выходе при избыточном энерговыделении 50 °С.

Первичное питание нагревателя тепловой ячейки осуществлялось через регулируемый однофазный автотрансформатор TDGC2-2A. Для контроля напряжения на нагревателе, тока через него, подводимой мощности к нему, в цепи питания установлен контроллер-монитор сети КМС-Ф1.

Вся сборка (тепловая ячейка и нагреватель) устанавливались соосно внутри калориметра. Внешняя стенка калориметра и его торцы имели теплоизоляционную защиту. Общий вид теплового реактора с калориметром, нагревателем и тепловой ячейкой представлен на рис. 5, а на рис. 6 готовая к эксперименту установка.



Рис. 5. Общий вид теплового реактора.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В период с февраля и по июнь 2015 г. нами проведено пять серий опытов с целью регистрации избыточного выделения энергии. Во всех опытах фиксировался избыток тепловой энергии, однако часть из них завершалась расплавлением ячейки, термодатчик и разрушением

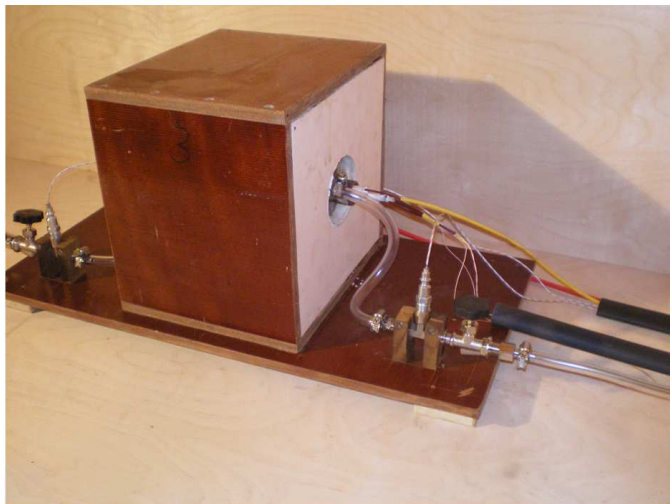


Рис. 6. Полностью собранный переносной вариант установки.

нагревателя, что, естественно, требовало изготовления новых элементов. Такой катастрофический сценарий наблюдался при попытке быстрого выхода за 1,5 – 2 часа на рабочую температуру, т.е. такую, при которой начинается реакция. Исключить нежелательные последствия удалось при изменении режима нагрева на более медленный, за 8 – 9 часов. Медленный выход использован в работе [3].

Ниже приводим фрагменты графиков изменения температуры в ходе продолжительного эксперимента.

Первоначально температура внутри ячейки и на её поверхности равны. После включения нагревателя температура поверхности начинает возрастать быстрее, нежели её внутренней части. Со временем разность этих температур уменьшалась, и через 9000 секунд после начала эксперимента температуры практически стали равными (рис. 7а).

При дальнейшем увеличении подводимой к нагревателю мощности и при достижении температуры 1030 °С, температура внутри ячейки начала расти и становилась выше температуры на её поверхности. В конечном счёте, разность этих температур достигла значения 100 °С (рис. 7б). Превышение температуры внутри объёма ячейки, температуры на её поверхности свидетельствует о том, что внутри тепловой ячейки начался некоторый процесс, который и стал источником появления дополнительной (избыточной) энергии, изменившей тепловой баланс. При этом наблюдалось существенное изменение температуры воды на выходе калориметра. Температура воды на выходе калориметра возросла на $\Delta T = 34$ °С. При средней температуре внутри тепловой ячейки 1100 °С выделяющаяся тепловая мощность генератора составила 2100 Вт при расходе воды $Q = 1$ л/мин и постоянной подводимой мощности к нагревателю 850 Вт. Коэффициент СОР при этом близок к 2,47. Выделяемая мощность реакции составляет 1250 Вт, что соответствует удельной мощности на единицу массы топлива 1,25 МВт/кг. За время работы в этом режиме (4000 с – продолжительность

временного интервала от момента выравнивания температур и до выключения установки) из 1 г топлива произведено 5 МДж сверх потребляемой электроэнергии, что намного больше удельной теплоты известных химических реакций.

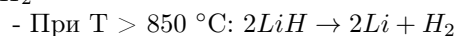
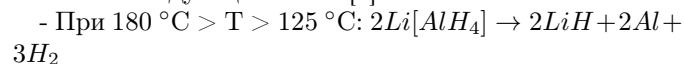
По чисто организационным причинам мы не могли оставить установку включённой даже на сутки. Полная продолжительность эксперимента составила практически 12 часов, что позволило выполнить калориметрические измерения.

Кроме калориметрических измерений, была предпринята попытка зарегистрировать рентгеновское излучение. Для этого непосредственно на внешнем корпусе установки, выполненном из диэлектрического материала, и на продолжении оси калориметра были установлены пять плоских кассет с рентгеновской фотоплёнкой РФ-3. Продолжительность экспонирования составила почти 12 часов. После проявления фотоплёнок каких-либо следов, связанных с воздействием на фотоэмульсионный слой, не обнаружено.

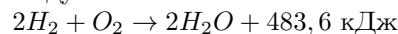
Помимо этого, считаем необходимым обратить внимание на следующее весьма важное обстоятельство. На графиках (см. Рис.7а, б) наблюдаются “квазипериодические” флуктуации. Подобные явления имели место во всех наших опытах. Пока мы не можем дать строгого объяснения этим явлениям. Однако, рабочая смесь никеля и алюмогидрида лития в тепловой ячейке является многокомпонентной. При нагревании этой смеси происходит изменение её состава и теплофизических свойств, в частности теплопроводности, что, вероятно, и вызывает такой эффект.

V. ОЦЕНКА ВЫДЕЛИВШЕГОСЯ ТЕПЛА ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ В ТЕПЛОВОЙ ЯЧЕЙКЕ

При достаточно медленном нагреве, осуществляемом в эксперименте, происходит разложение алюмогидрида лития по следующей схеме [4]:



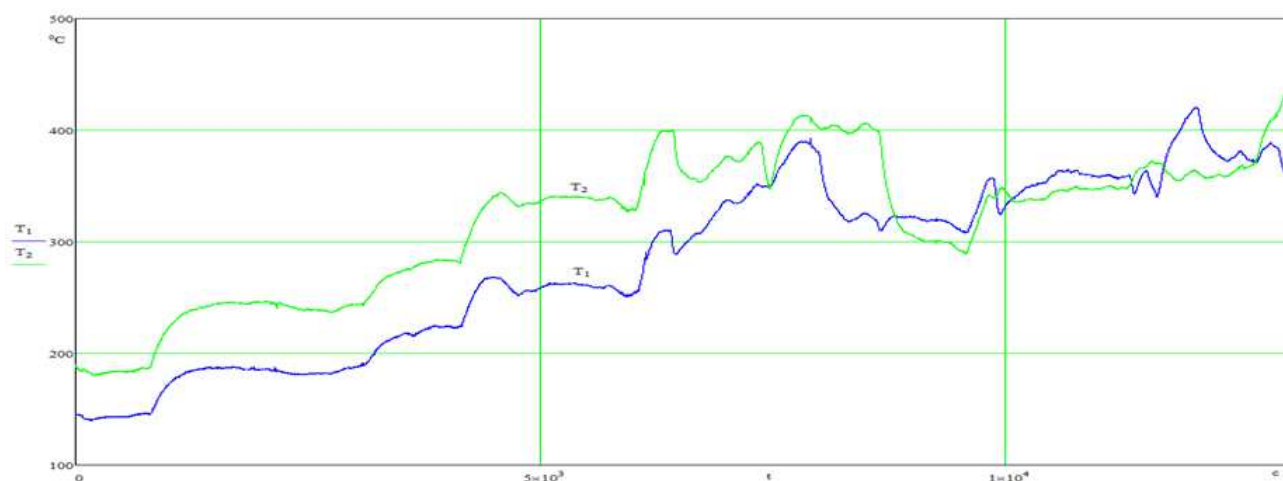
То есть, в реакции разложения из одного моля $\text{Li}[\text{AlH}_4]$ максимально получим два моля водорода, которые диффундируют к стенке реактора и окисляются в воздухе:



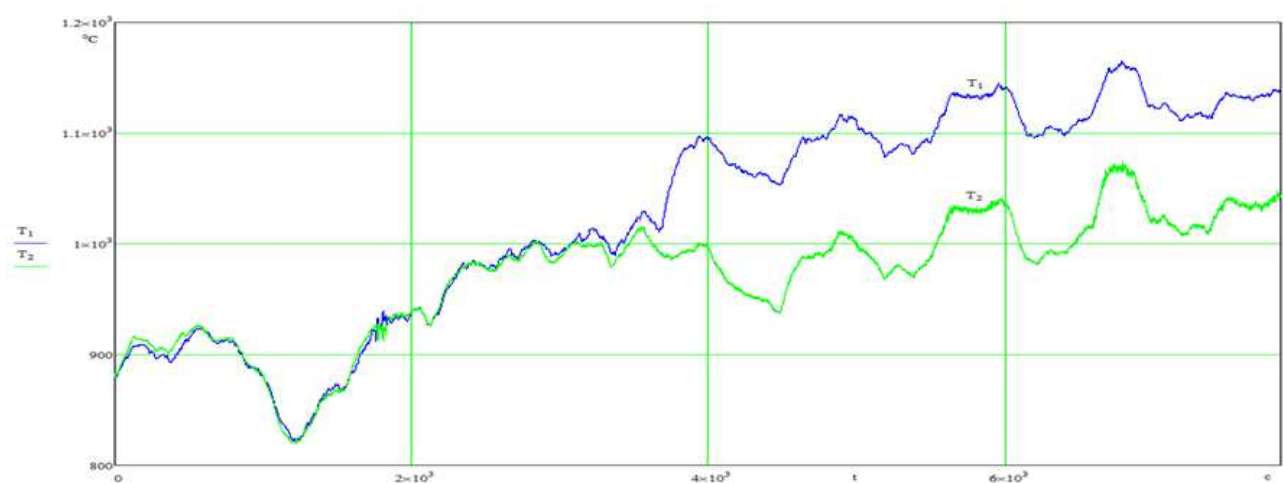
В топливе имеем 0,1 г $\text{Li}[\text{AlH}_4]$ и получим максимально 2,6 кДж при полном окислении водорода, что намного меньше 5 МДж выделяемой энергии топлива (на самом деле ресурс работы топлива еще на порядок больше [1]). Таким образом, данная реакция по выделению избыточной энергии в реакторе не должна иметь чисто химической природы. Имеет место иной механизм, который предстоит ещё изучить и обосновать.

VI. ВЫВОДЫ

1. Разработана установка теплового генератора для проведения экспериментов по изучению процессов из-



(a)



(b)

Рис. 7. Временная зависимость температуры внутри тепловой ячейки T_1 и на её поверхности T_2 , а) начальная стадия, б) стадия выделения избыточной энергии.

быточного энерговыделения в герметизированных цилиндрических тепловых ячейках, заполненных смесью порошков никеля и алюмогидрида лития.

2. Получены результаты, свидетельствующие об избыточном выделении тепла при нагреве смеси порошков никеля и алюмогидрида лития в диапазоне температур 1030 – 1140 °С, что согласуется с результатами работ [1], [2], [3].

3. При работе генератора не зафиксировано воздействия какого-либо излучения на рентгеновскую фотоэмульсию (плёнка РФ 3).

4. Полученные результаты по измерению избыточного тепла и анализ химической реакции указывают на находящийся внутри генератора дополнительный источник большой мощности, значения которой практически не достигаются в известных химических реакциях. Для определения природы такой реакции, в том числе для подтверждения того, что это некая реакция ядерной трансмутации в парах катализатора алюмогидрида лития, необходимо провести анализ

изотопов исходного и отработанного топлива после длительной работы генератора [5]. Разработанная конструкция данного генератора пригодна к выполнению таких экспериментов.

Авторы признательны А.Г. Пархомову и С.И. Нефедкину за советы и обсуждения хода проведения эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Essen, H., Foschi, E., Hoistad, B., Levi, G., Pettersson, R., & Tegner, L. Report on the Lugano Test. 2014, (www.elforsk.se/lenr-matrappport-publicerad).
- [2] А.Г. Пархомов. Исследование аналога высокотемпературного теплогенератора России. *Журнал Формирующийся Направлений Науки*, 3(7):68–72, 2015.
- [3] А.Г. Пархомов. Результаты испытания нового варианта аналога высокотемпературного теплогенератора России. *Журнал Формирующийся Направлений Науки*, 3(8):34–39, 2015.
- [4] *Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементоорганических соединений*. Мир и Семья, СПб, 2002. 1280 с.
- [5] Norman D. Cook, Andrea Rossi. On the Nuclear Mechanisms Underlying the Heat Production by the E-Cat. (2015).