

# Исследование аналога высокотемпературного теплогенератора Росси

А.Г. Пархомов<sup>1</sup>

**Аннотация**—Изготовлены устройства, аналогичные высокотемпературному реактору Росси. Показано, что при температурах порядка 1100 °С и выше это устройство производит энергии больше, чем потребляет. Уровень ионизирующих излучений во время работы реактора заметно не превышает фоновые показатели.

На основе отчета экспертов, наблюдавших работу высокотемпературного теплогенератора Росси в Лугано [1], [2], можно предположить, что этот реактор, по сути, просто запечатанная жаростойким цементом керамическая трубочка, в которой находится порошок никеля с добавкой алюмогидрида лития. Для инициации процесса трубочку необходимо нагреть до температуры 1200 – 1400 °С. Исходя из этого предположения, было создано устройство, которое можно назвать аналогом высокотемпературного реактора Росси.

## I. КОНСТРУКЦИЯ ИЗГОТОВЛЕННЫХ РЕАКТОРОВ

Для изготовления реакторов (рис. 1) использованы трубки из корундовой керамики длиной 120 мм, наружным диаметром 10 мм и внутренним диаметром 5 мм. На трубку навиты электронагреватели из нихромового провода. Внутри трубки находится 1 г порошка Ni, смешанного с 0,1 г Li[AlH<sub>4</sub>]. С наружной поверхностью трубки контактирует термopара. Концы трубки запечатаны жаростойким цементом. Таким же цементом покрыта вся поверхность реактора.

## II. ИЗМЕРЕНИЕ ВЫДЕЛЯЮЩЕГОСЯ ТЕПЛА

Использованная экспертами при проверке реактора Росси методика на основе показаний тепловизоров слишком сложна. В данном эксперименте использована методика, основанная на количестве выкипающей воды. Эта методика отработана и многократно проверена в разнообразных экспериментах, в том числе в экспериментах с плазменным электролизом.

Реактор находится в закрытом металлическом сосуде (рис. 2). Этот сосуд погружен в воду. Часть воды уходит в виде пара. Измерив убыль воды, по известной величине теплоты парообразования (2260 кДж/кг) нетрудно вычислить выделившееся тепло. Поправку на

потерю тепла через теплоизоляцию можно рассчитать по скорости охлаждения после выключения реактора.

Реактор может находиться в воздухе на корундовых подставках, или быть зарытым в корундовый порошок, насыпанный в металлическое корытце. Это позволяет в 2-3 раза уменьшить мощность, необходимую для разогрева реактора. Но работа в таком режиме менее устойчива, чем в случае “голого” реактора.

## III. АППАРАТУРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НАГРЕВАТЕЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

Комплекс аппаратуры для питания электронагревателя, измерения и регулировки потребляемой мощности, определения температуры реактора и регистрации возможных ядерных излучений показан на рис. 3.

В первых опытах электроэнергия для разогрева реактора бралась непосредственно из электросети с использованием тиристорного регулятора. В дальнейшем применялся трансформатор с переключающимися обмотками (рис. 4). Переключение как ручное, так и автоматическое с использованием регулятора, управляемого сигналом термopары. При увеличении температуры выше заданной автоматически происходит переключение на пониженное напряжение; после охлаждения ниже заданной температуры более высокое напряжение восстанавливается. Это позволяет обеспечивать продолжительную работу при заданных температурах, что повышает устойчивость работы реактора. Для измерения потребляемой электроэнергии использованы вольтметр и амперметр, а также электросчетчик “Меркурий-201”, позволяющий передавать информацию на компьютер.

Для контроля уровня радиации использованы счетчик Гейгера СИ-8Б, дозиметр ДК-02 и нейтронно-активационная методика с использованием индия.

Счетчик СИ-8Б имеет входное окно из тонкой слюды, что позволяет регистрировать не только бета- и гамма-радиацию, но и альфа-частицы и мягкое рентгеновское излучение. Дозиметр ДК-02 – конденсаторная ионизационная камера, имеющая предел измерения 200 мР (бета и гамма излучение).

Пластика индия, погружаемая в воду калориметра, используется для регистрации нейтронов. Для измерения активности индия использованы два счетчика

<sup>1</sup> alexparh@mail.ru.

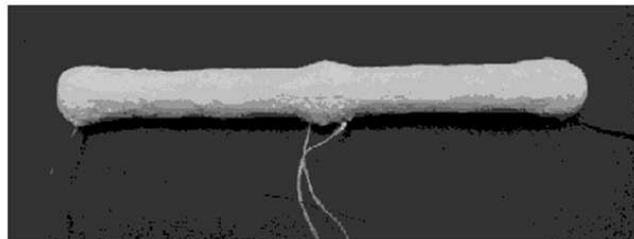
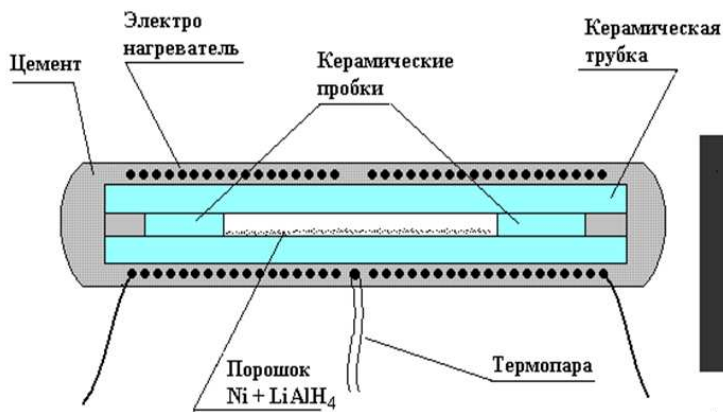


Рис. 1. Схема аналога реактора России и фотография изделия, подготовленного к эксперименту.

Гейгера. Импульсы со счетчика регистрируются компьютером. Большая площадь индиевой пластинки (18 см<sup>2</sup>) позволяет регистрировать медленные нейтроны, имеющие плотность потока выше 0,2 нейтр/см<sup>2</sup>·с.

Кроме того, этот компьютер регистрирует импульсы со счетчика, установленного на крышке реактора и импульсы с электросчетчика. Другой компьютер в сочетании с компьютерным самописцем PCLAB-2000 показывает и записывает температуру реактора и сигнал, пропорциональный скорости счета СИ-8Б.

#### IV. ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ НАГРЕВА

В качестве примера приведены диаграммы роста температуры для двух экспериментов.

**Эксперимент 20.12.2014.** Мощность, подаваемая на нагреватель, медленно менялась от 25 до 500 Вт (рис. 5). Тысячеградусный уровень был преодолен через 5 часов нагрева.

На этой же диаграмме показана скорость счета счетчика Гейгера СИ-8Б. Видно, что на всем протяжении нагрева радиационная обстановка мало отличается от фоновой. Дозиметр ДК-02 не обнаружил за время эксперимента набора дозы в пределах погрешности измерений (5 мР). Заметная активация индия не обнаружена.

На рис. 6 более детально показано изменение температуры при мощности нагрева около 300, 400 и 500 Вт. Можно заметить, что при неизменной мощности нагрева происходит постепенный рост температуры, особенно сильный на последнем участке. Это указывает на появление дополнительного тепловыделения сверх электронагрева. В конце участка с наиболее высокой температурой происходят температурные осцилляции. Этот участок завершается прекращением электронагрева в результате перегорания нагревателя. После

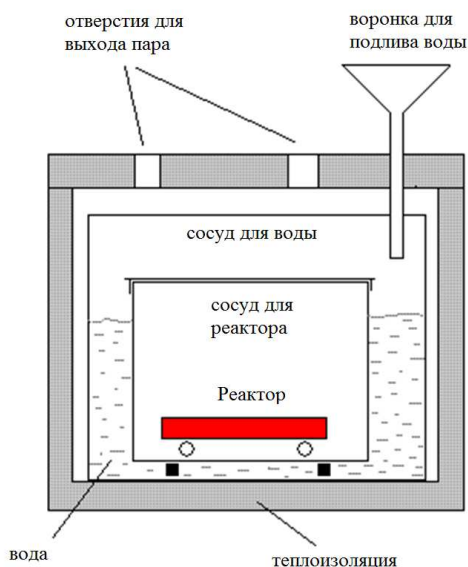


Рис. 2. Схема калориметра с испаряющейся водой.



Рис. 3. Комплекс аппаратуры для электропитания нагревателя и диагностики. Слева направо сверху: усилитель сигнала термопары с регулятором мощности, компьютерный самописец, компьютер для регистрации температуры и скорости счета счетчика Гейгера, устройство для измерения скорости счета счетчика Гейгера. Слева направо внизу: амперметр, блок электропитания реактора, вольтметр, электронный электросчетчик “Меркурий”, выключатель электросети.

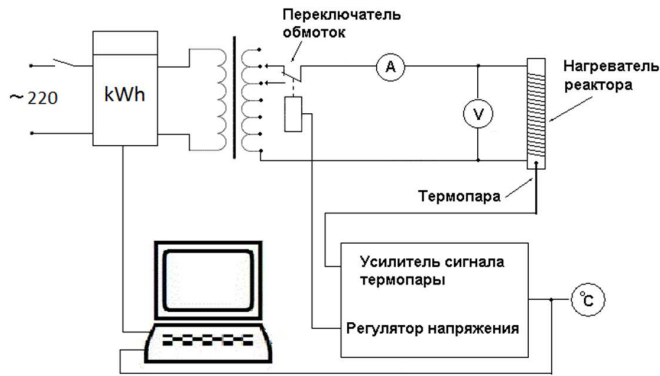


Рис. 4. Схема электропитания и регулировки мощности нагрева.

этого на протяжении 8 минут температура держится на уровне почти  $1200^{\circ}\text{C}$ , и только потом начинает резко падать. Это указывает на то, что в реакторе в это время производится тепло на уровне киловатта вообще без электронагрева.

Таким образом, уже из графика нагрева видно, что реактор способен генерировать много тепла сверх электронагрева.

**Эксперимент 18.01.2015.** В начале эксперимента реактор находился в воздухе на корундовых подставках. Максимально достигнутая температура  $900^{\circ}\text{C}$  при мощности электронагрева 450 Вт. Потом реактор был окружен теплоизоляцией из корундового порошка. При неизменной мощности 160 Вт температура выросла с 600 до  $1000^{\circ}\text{C}$ . Затем реактор на протяжении 38 минут работал при температуре около  $1080^{\circ}\text{C}$ . При попытке увеличить температуру произошло перегорание нагревателя.

#### V. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫДЕЛИВШЕГОСЯ ТЕПЛА И ТЕПЛООВОГО КОЭФФИЦИЕНТА (ОТНОШЕНИЯ ВЫДЕЛИВШЕГОСЯ ТЕПЛА К ПОТРЕБЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ)

В таблице I расчеты сделаны для трех режимов работы с температурой около  $1000^{\circ}\text{C}$ , около  $1150^{\circ}\text{C}$  и  $1200 - 1300^{\circ}\text{C}$ . При температурах  $1150^{\circ}\text{C}$  и  $1200 - 1300^{\circ}\text{C}$  тепловыделение реактора значительно превосходит потребленную энергию. За время работы в этих режимах

Таблица I

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО КОЭФФИЦИЕНТА НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТА 20.12.2014.

Средняя температура режима	$^{\circ}\text{C}$	970	1150	1290
Продолжительность режима	мин	38	50	40
Мощность электронагрева	Вт	300	394	498
Потребление электроэнергии	кДж	684	1182	1195
Масса испарившейся воды	кг	0,2	0,8	1,2
Нагрев воды до кипения	кДж	63	251	377
Энергия, затраченная на испарение	кДж	452	1808	2712
Утечка тепла через теплоизоляцию	Вт	70	70	70
Утечка тепла через теплоизоляцию	кДж	159	210	180
Суммарная выделявшаяся энергия	кДж	674	2269	3269
Отношение выделившегося тепла к потребленной энергии		<b>0,99</b>	<b>1,92</b>	<b>2,74</b>

Таблица II

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО КОЭФФИЦИЕНТА НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТА 18.01.2015.

Теплоизоляция	$^{\circ}\text{C}$	Воздух	Корунд
Средняя температура режима	$^{\circ}\text{C}$	800	1080
Продолжительность режима	мин	90	38
Мощность электронагрева	Вт	252	144
Потребление электроэнергии	кДж	1276	323
Масса испарившейся воды	кг	0,38	0,18
Нагрев воды до кипения	кДж	32	15
Энергия, затраченная на испарение	кДж	859	407
Утечка тепла через теплоизоляцию	Вт	60	60
Утечка тепла через теплоизоляцию	кДж	324	137
Суммарная выделявшаяся энергия	кДж	1215	559
Отношение выделившегося тепла к потребленной энергии		<b>0,95</b>	<b>1,73</b>

(90 минут) сверх потребленной электроэнергии произведено около 3 МДж или 0,83 кВт-часа энергии. Такая энергия выделяется при сгорании 70 г бензина.

В таблице II расчеты сделаны для двух режимов работы с температурой около  $800^{\circ}\text{C}$  (реактор в воздухе) и около  $1080^{\circ}\text{C}$  (реактор в корундовом порошке). При температуре  $1080^{\circ}\text{C}$  тепловыделение реактора значительно превосходит потребленную энергию.

В таблице III показаны результаты, полученные во всех экспериментах, проведенных в декабре 2014 г. и январе 2015 г. Помимо экспериментов с реакторами, загруженными смесью  $\text{Ni} + \text{Li}[\text{AlH}_4]$ , проведены опыты с макетами реактора без топлива. В случаях с макетами реактора, так же как и с реакторами с топливом

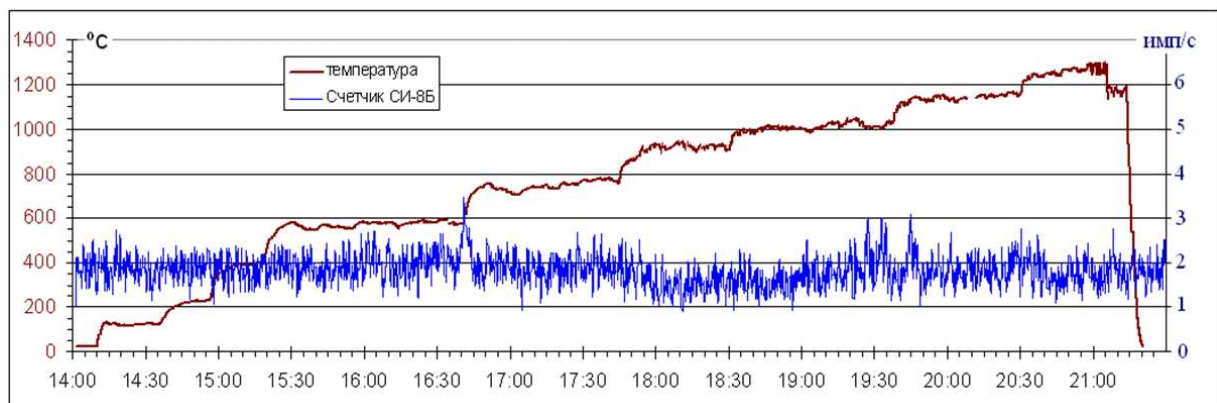


Рис. 5. Рост температуры и скорость счета счетчика Гейгера СИ-8Б в эксперименте 20.12.2014.

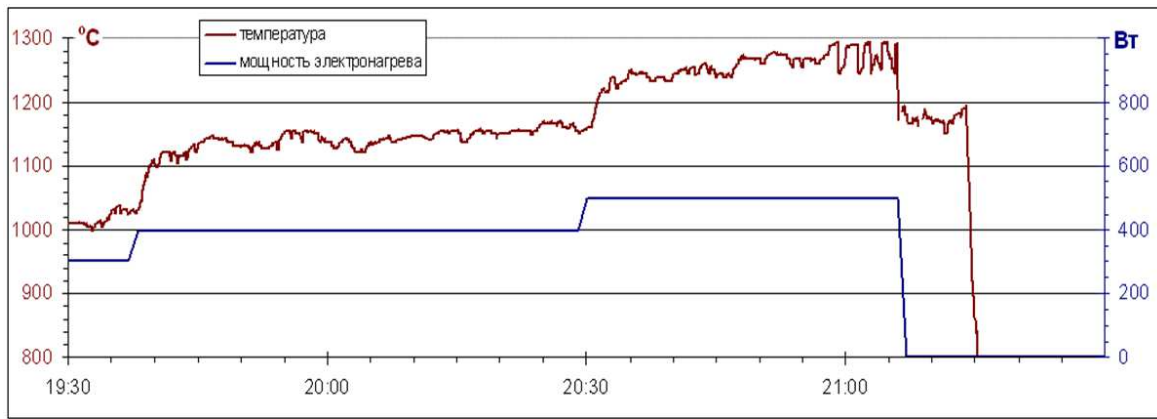


Рис. 6. Рост температуры и мощность нагрева при высоких температурах в эксперименте 20.12.2014.

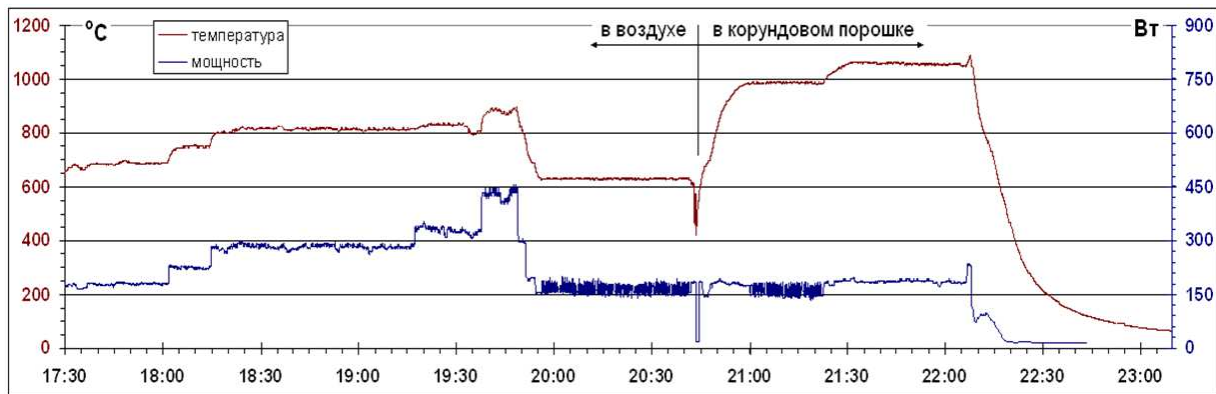


Рис. 7. Рост температуры и мощность нагрева при высоких температурах в эксперименте 18.01.2015.

при температуре ниже 1000°C, отношение выделившейся тепловой энергии к поглощенной электроэнергии близко к 1.

блюдалось только у реакторов с топливом при температурах около 1100°C и выше.

Таблица III  
Тепловой коэффициент (COP) в экспериментах в декабре 2014 г. и январе 2015 г.

Реактор с топливом					
Дата	Темпер °С	Длит мин	Потр Вт	Произв Вт	COP
20.12.2014	970	38	301	297	0.99
<b>20.12.2014</b>	<b>1150</b>	<b>50</b>	<b>395</b>	<b>758</b>	<b>1.92</b>
<b>20.12.2014</b>	<b>1290</b>	<b>40</b>	<b>499</b>	<b>1365</b>	<b>2.74</b>
04.01.2015	940	131	304	305	1.00
04.01.2015	1020	75	377	407	1.08
<b>10.01.2015</b>	<b>1080</b>	<b>73</b>	<b>161</b>	<b>284</b>	<b>1.77</b>
18.01.2015	800	90	308	293	0.95
<b>18.01.2015</b>	<b>1080</b>	<b>38</b>	<b>78</b>	<b>135</b>	<b>1.73</b>

Электронагреватели					
Дата	Темпер °С	Длит мин	Потр Вт	Произв Вт	COP
02.01.2015	210	56	211	227	1.07
02.01.2015	470	88	433	414	0.95
02.01.2015	1050	16	928	1035	1.12
21.01.2015	1000	69	297	296	1.00
21.01.2015	1080	43	306	297	0.97
28.01.2015	900	65	95.5	105	1.08
28.01.2015	1100	66	116	116	1.00
28.01.2015	1200	50	151	147	0.97

Существенное превышение выделившейся тепловой энергии над поглощенной электроэнергией на-

### VI. ПРОБЛЕМА НЕКОНТРОЛИРУЕМЫХ ЛОКАЛЬНЫХ ПЕРЕГРЕВОВ

Максимально достигнутая продолжительность работы реакторов в режиме с избыточным тепловыделением – полтора часа. Кратковременность работы реакторов, прежде всего, связана с разрушениями, вызываемыми локальными перегревами. Вид реактора во время такого разрушения показан на рис. 8. При этом достигаются температуры, достаточные для расплавления корунда - рис. 9 (температура плавления 2040°C).

### VII. Выводы

Эксперименты с аналогами высокотемпературного теплогенератора России, загруженными смесью никеля и алюмогидрида лития, показали, что при температурах порядка 1100 °C и выше эти устройства производят энергии больше, чем потребляют.

Уровень ионизирующих излучений во время работы реактора заметно не превышает фоновые показатели. Плотность потока нейтронов не выше 0,2 нейтр/см<sup>2</sup>·с.

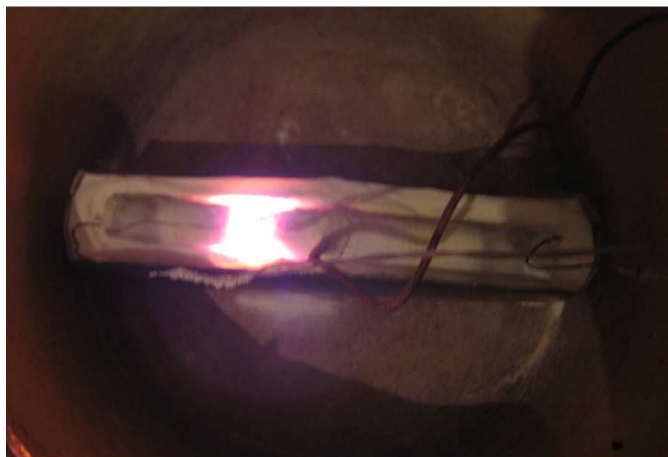


Рис. 8. Локальный перегрев, приводящий к разрушению реактора.



Рис. 9. Разрушенный в результате локального разогрева участок реактора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] G. Levi, E. Foschi, B. Höistad, R. Pettersson, L. Tegnér, H. Essén. Observation of abundant heat production from a reactor device and of isotopic changes in the fuel. <http://www.sifferkoll.se/sifferkoll/wp-content/uploads/2014/10/LuganoReportSubmit.pdf>.
- [2] А.Г. Пархомов. Отчет международной комиссии об испытании высокотемпературного теплогенератора России. *ЖФНН*, 2(6):57–61, 2014.