

Исследование аналога высокотемпературного теплогенератора России

Доклад на семинаре
«Холодный ядерный синтез и шаровая молния»
в РУДН
25 декабря 2014 г.

Пархомов

Александр Георгиевич

Высокотемпературный реактор Росси



В одном из наконечников имеется отверстие диаметром 4 мм. Через это отверстие осуществляется загрузка топлива.

После загрузки в отверстие вставляется керамическая пробка, в которую вмонтирован термопарный зонд. Отверстие запечатывается глиноземистым цементом

Внутреннее устройство реактора автор не раскрывает.

Внешний вид - цилиндр из керамики на основе Al_2O_3 диаметром 2 см длиной 20 см с выступами, улучшающими конвективный теплообмен.

С обеих сторон этот цилиндр заканчивается двумя цилиндрическими наконечниками из такой же керамики диаметром 4 см длиной 4 см.

На наконечниках находятся выводы трех нагревателей из жаростойкого сплава «инконель».

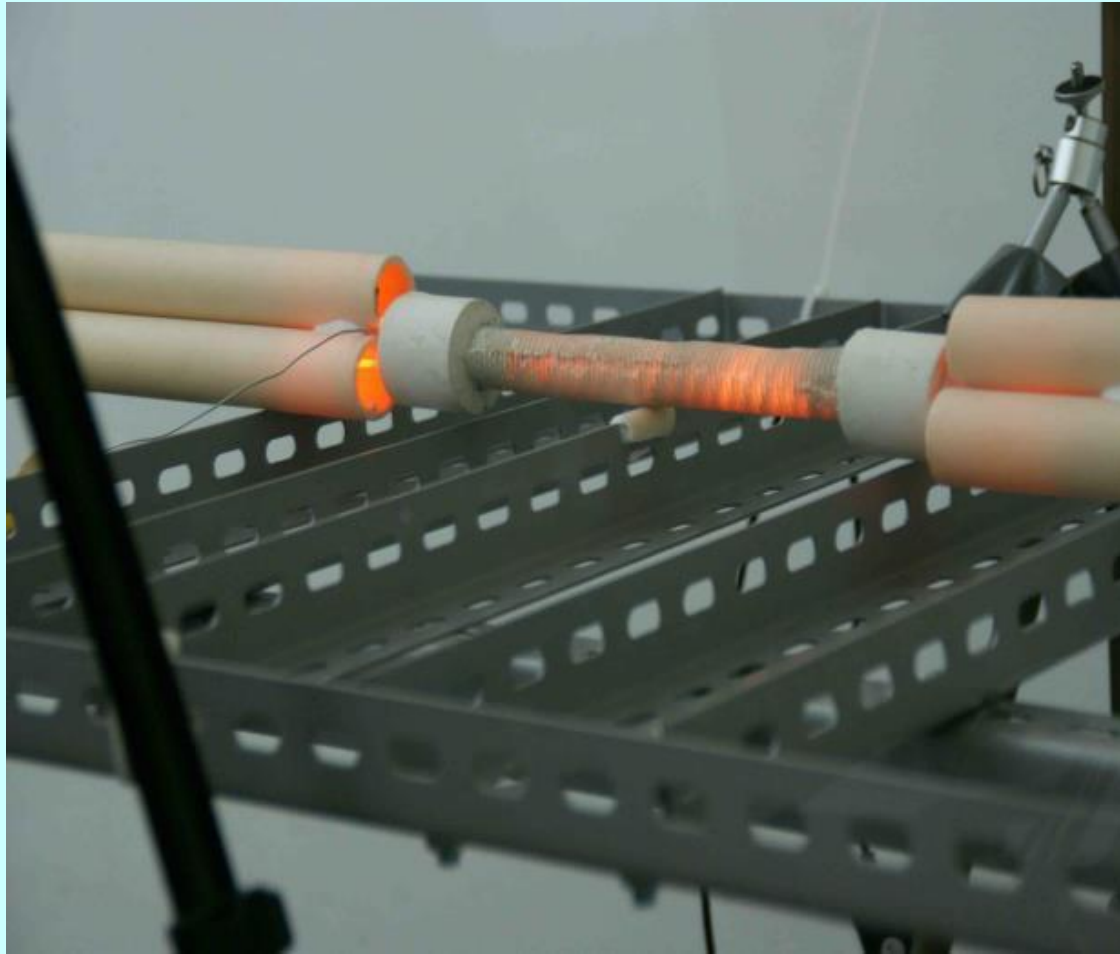
Краткое описание процедуры испытаний реактора Росси

На первом этапе на протяжении 23 часов реактор работал без топлива, что позволило сделать калибровочные измерения. После этого было загружено топливо массой около 1 г, имеющего вид мелкого порошка, и включен постепенно нарастающий нагрев.

Увеличение мощности нагрева продолжалось до тех пор, пока средняя температура поверхности реактора не достигла 1260 °С при потребляемой нагревателем мощности 810 Вт. Работа в этом режиме продолжалась почти 10 суток. После этого мощность была поднята до 900 Вт. В результате, за несколько минут температура реактора возросла до 1400 °С.

Дальнейшая работа происходила при мощности электронагрева около 900 Вт вплоть до заранее намеченного срока выключения (32 суток после включения реактора с топливом).

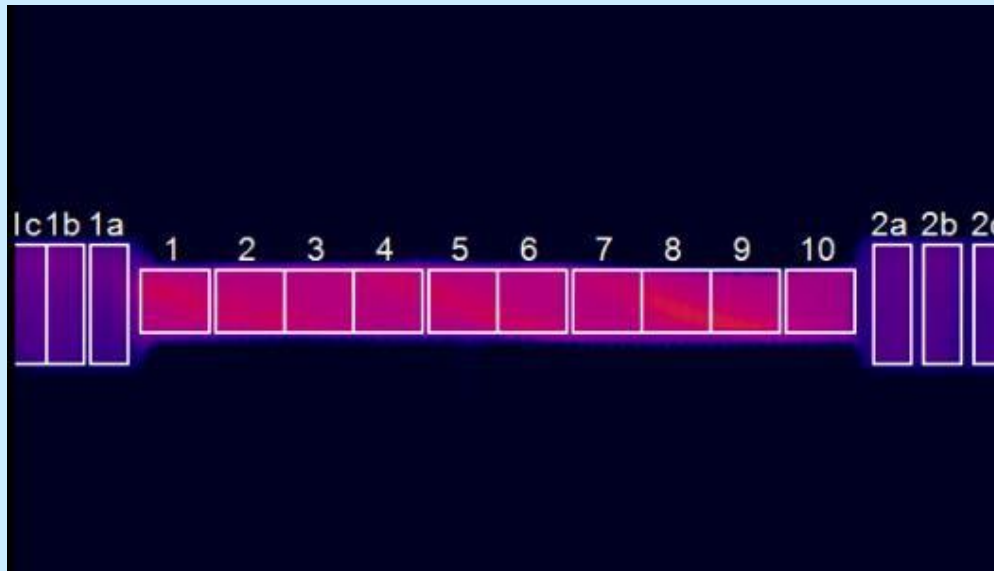
Реактор Росси во время испытаний



С каждой стороны расположено по три керамических трубы с проводами, по которым подводится электропитание, необходимое для предварительного разогрева реактора.

Определение мощности тепла, производимого реактором

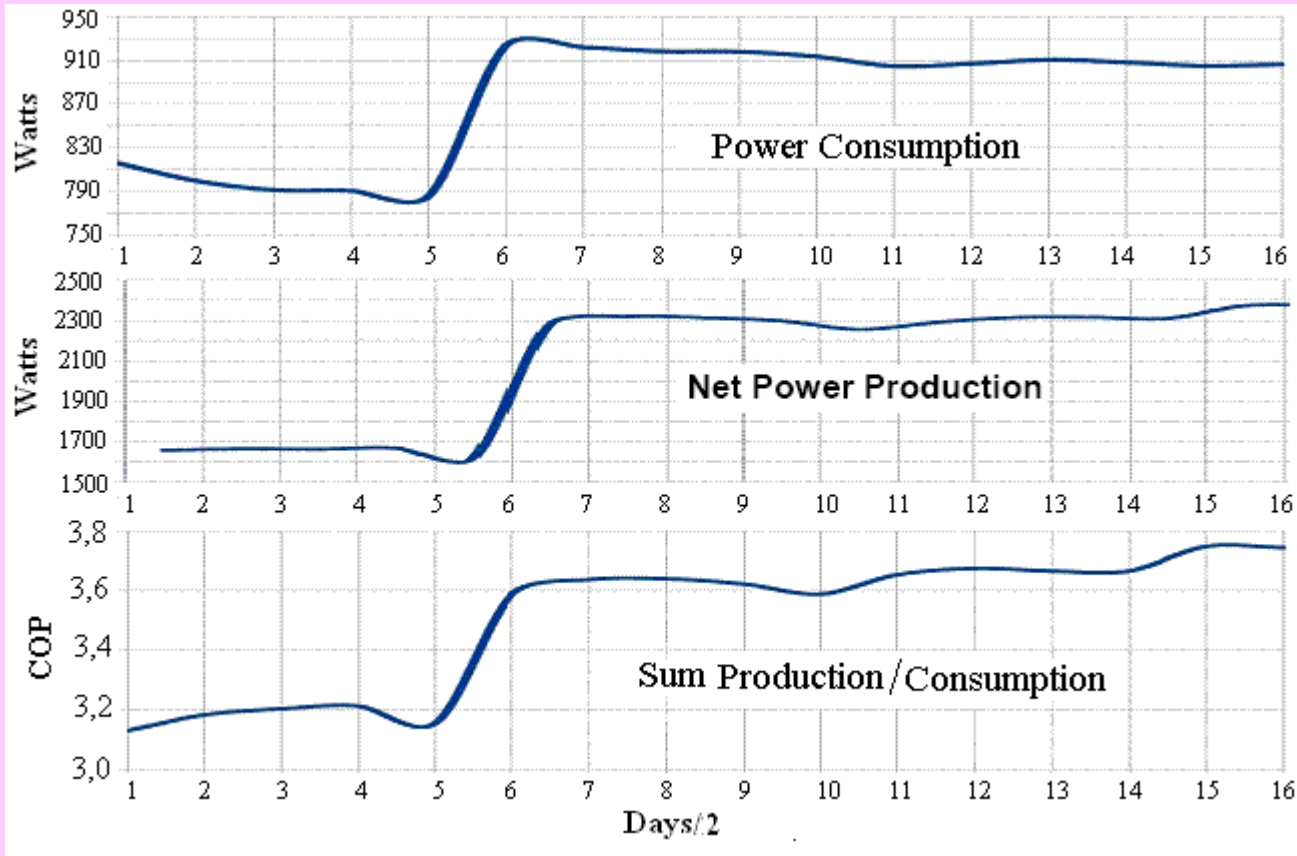
Детальному описанию способа решения этой задачи определения производимого тепла в отчете уделено особое внимание.



Расчеты сделаны для 16 кольцевых зон для последовательных двухсекундных интервалов времени

Производимая мощность определялась путем измерения температуры поверхности реактора при помощи тепловизоров и расчета на этой основе потерь энергии за счет излучения и конвекции. Для реализации этого метода были проведены специальные калибровочные измерения реактора без топлива, нагреваемого электрическим током.

Результаты измерений и расчетов экспертов, наблюдавших работу реактора Росси



Усредненная за 2 суток мощность потребляемой реактором электроэнергией (вверху),

мощность тепловыделения реактора сверх потребляемой электроэнергией (в середине)

отношение мощности суммарного тепловыделения к мощности потребляемой электроэнергией (внизу).

Зарегистрировано превышение тепловыделения над потребленной электроэнергией в 3,2 раза при температуре 1250 °C и в 3,6 раза при температуре 1400 °C.

Проведенные анализы позволили сделать следующие заключения.

Исходное топливо в основном состоит из порошка никеля в виде гранул размером несколько микрон, имеющего естественный изотопный состав. Помимо никеля, в топливе обнаружена примесь Li, Al, Fe и H. Соотношение содержания Li и Al соответствует молекуле алюмогидрида лития $\text{Li}[\text{AlH}_4]$. Обнаружено присутствие O и C. Анализ показал наличие протия, но не заметил присутствие дейтерия. Количество большинства элементов существенно отличается в разных гранулах.

Отработавшее топливо имеет гранулы иного вида, чем топливо исходное. Элементный и изотопный состав гранул различен, тем не менее, очевидно, что изотопный состав Li и Ni в отработавшем топливе радикально отличается от измеренного изотопного состава исходного топлива.

Изотопный состав лития и никеля в исходном и отработавшем топливе (%), измеренный методами ToF-SIMS и ICP-MS, а также природное соотношение изотопов в этих элементах.

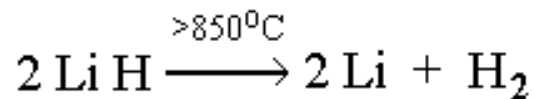
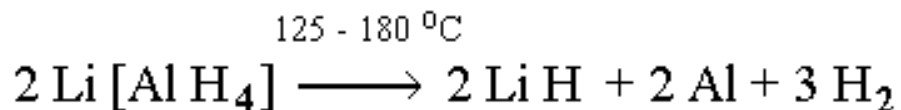
	Исходное топливо		Отработавшее топливо		Природа
	ToF-SIMS	ICP-MS	ToF-SIMS	ICP-MS	
${}^6\text{Li}$	8,6	5,9	92,1	57,5	7,5
${}^7\text{Li}$	91,4	94,1	7,9	42,5	92,5
${}^{58}\text{Ni}$	67	65,9	0,8	0,3	68,1
${}^{60}\text{Ni}$	26,3	27,6	0,5	0,3	26,2
${}^{61}\text{Ni}$	1,9	1,3	0,0	0,0	1,8
${}^{62}\text{Ni}$	3,9	4,2	98,7	99,3	3,6
${}^{64}\text{Ni}$	1		0		0,9

1. Соотношение изотопов лития и никеля в исходном топливе практически не отличается от природного.
2. В отработавшем топливе существенно возросло относительное содержание ${}^6\text{Li}$ и снизилось содержание ${}^7\text{Li}$.
3. В отработавшем топливе очень сильно снизилось содержание всех изотопов никеля, кроме ${}^{62}\text{Ni}$. Содержание этого изотопа возросло с 3,6% до 99%.

Что внутри реактора Росси при высокой температуре.

При нагреве происходит разложение алюмогидрида лития.

1 г алюмогидрида лития выделяет 0,105 г или 1,17 л водорода (при нормальных условиях)



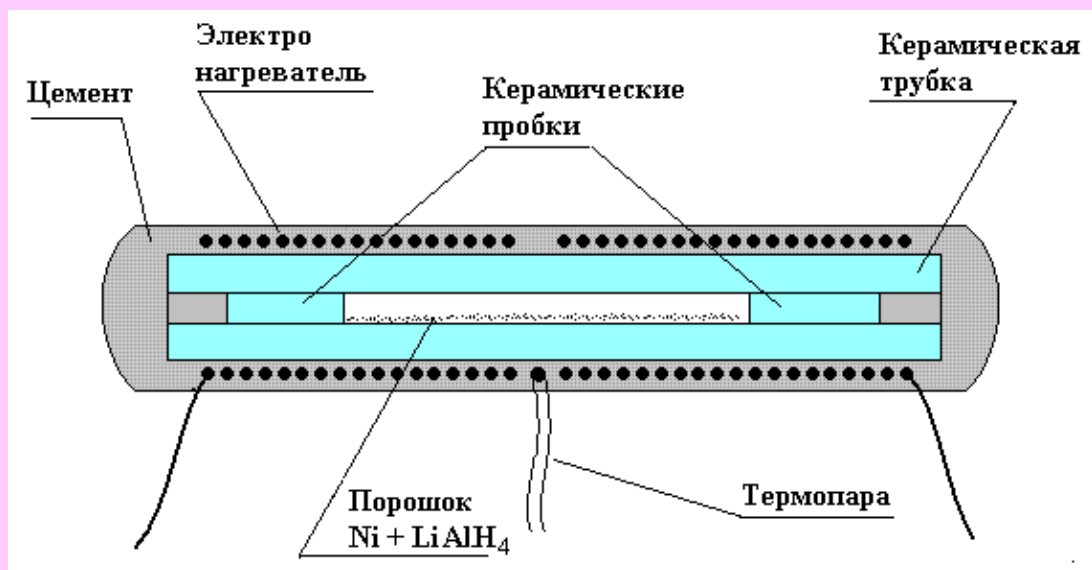
При температурах, характерных для работающего реактора Росси, никель в смеси с расплавленными алюминием и литием находится в среде водорода и паров лития. Остаток воздуха, реагируя с водородом, литием и алюминием, образует небольшую примесь азота и аммиака, а также оксидов и нитридов лития и алюминия.

Если предположить, что внутренность реактора – канал диаметром 4 мм, объем полости около 2 мл. 100 мг алюмогидрида лития выделяет около 100 мл водорода при нормальных условиях. Если 100 мл сжать до 2 мл, давление возрастет до 50 атмосфер. Дополнительный рост давления связан с нагревом. Поэтому при температуре более 1000°C в запечатанной капсуле реактора Росси давление порядка 100 атмосфер.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что высокотемпературный реактор Росси, по сути, просто запечатанная жаростойким цементом керамическая трубочка, в которой находится порошок никеля с добавкой алюмогидрида лития около 10% по массе. Для инициации процесса трубочку необходимо нагреть до температуры 1200 – 1400 °С.

Если это предположение правдиво, чтобы создать аналог реактора Росси, надо создать устройство, выдерживающее высокое давление при высокой температуре, содержащее внутри смесь порошка никеля и алюмогидрида лития. Эту проблему Росси решил гениально просто, без традиционных болтов, фланцев и уплотнений.

Конструкция изготовленных реакторов



Для изготовления реакторов использованы трубки из керамики Al_2O_3 длиной 120 мм, наружным диаметром 10 мм и внутренним диаметром 5 мм.

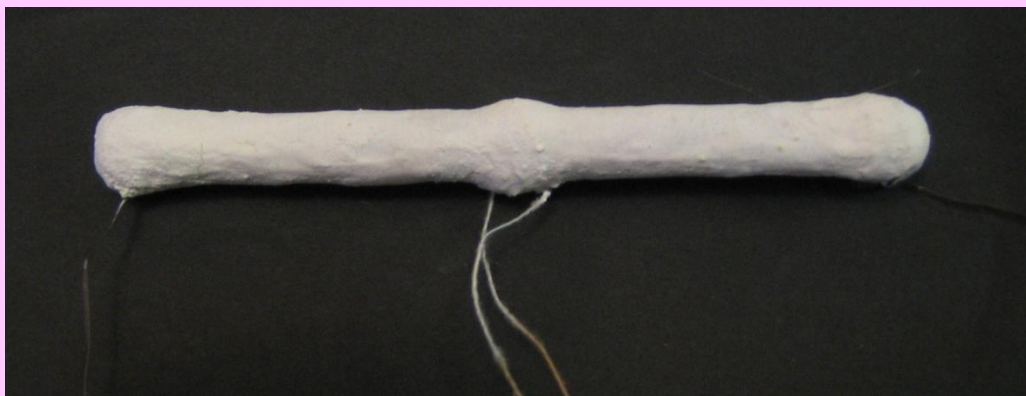
На трубку навиты электронагреватели.

Внутри трубки находится 1 г порошка $\text{Ni} + 10\% \text{Li} [\text{AlH}_4]$.

С наружной поверхностью трубки контактирует термопара.

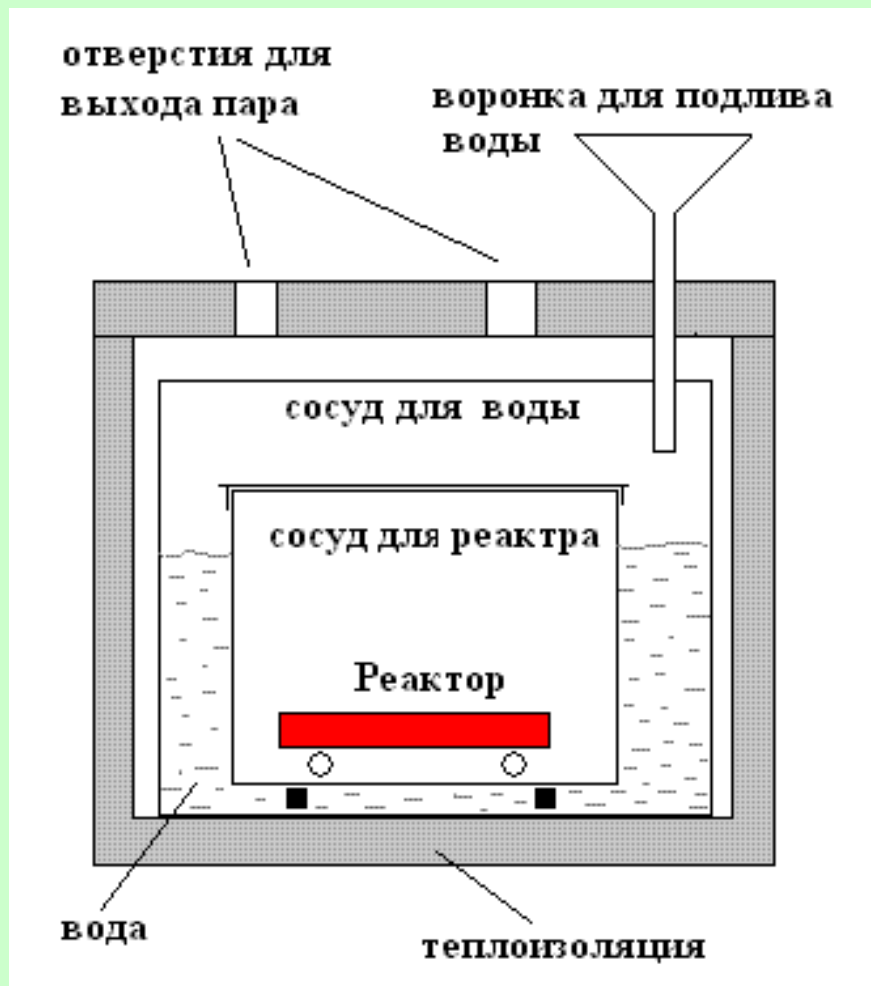
Концы трубки запечатаны жаростойким цементом.

Таким же цементом покрыта вся поверхность реактора.



**Фотография реактора,
подготовленного к эксперименту**

Измерение выделяющегося тепла



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

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 экспериментах Ю.Н.Бажутова.

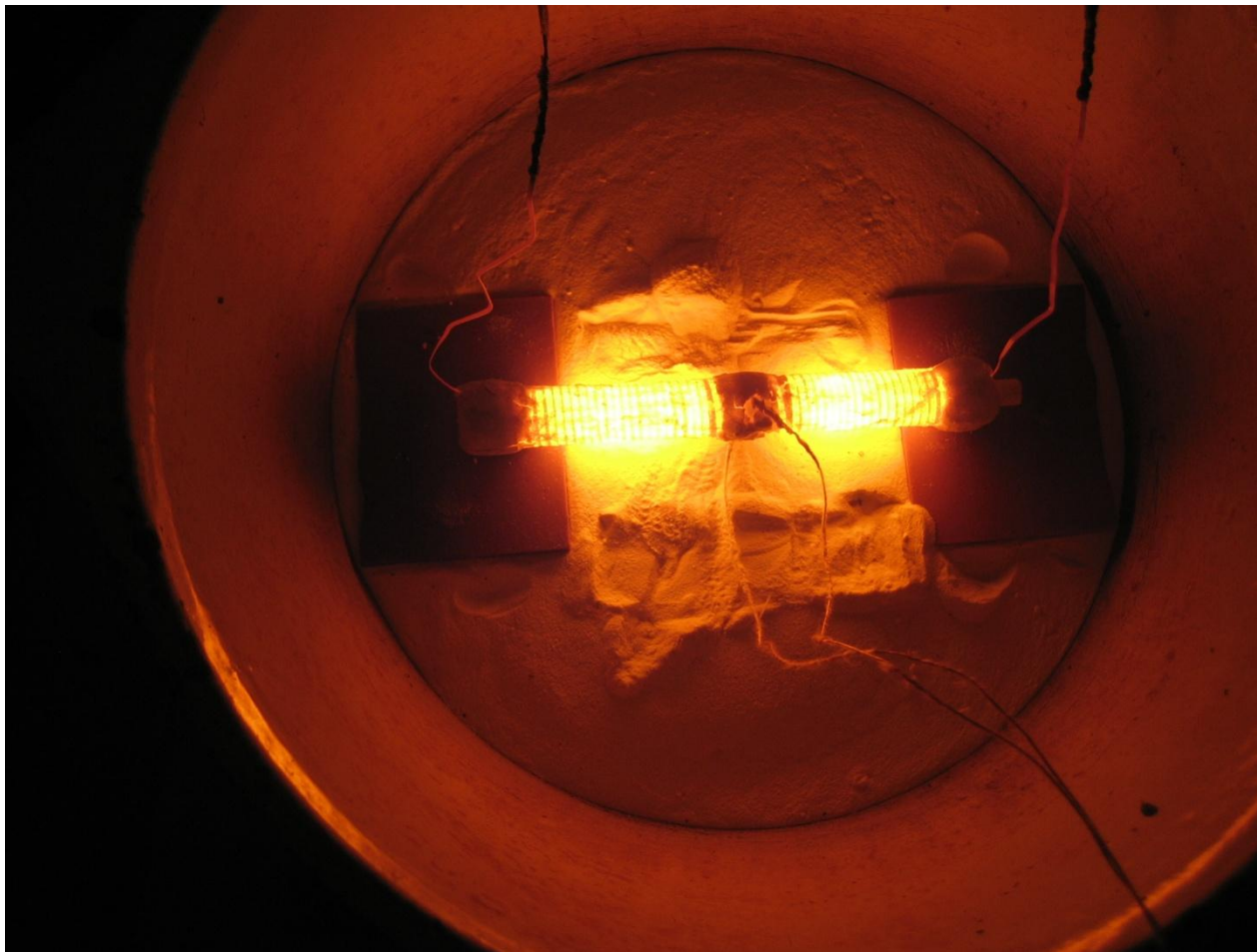
Реактор находится в закрытом металлическом сосуде.

Этот сосуд погружен в воду.

После закипания воды часть ее уходит в виде пара.

Измерив убыль воды, по известной величине теплоты парообразования нетрудно вычислить выделившееся тепло.

Реактор во время работы



Сняты крышки с теплоизоляции и сосуда с реактором

Комплекс аппаратуры

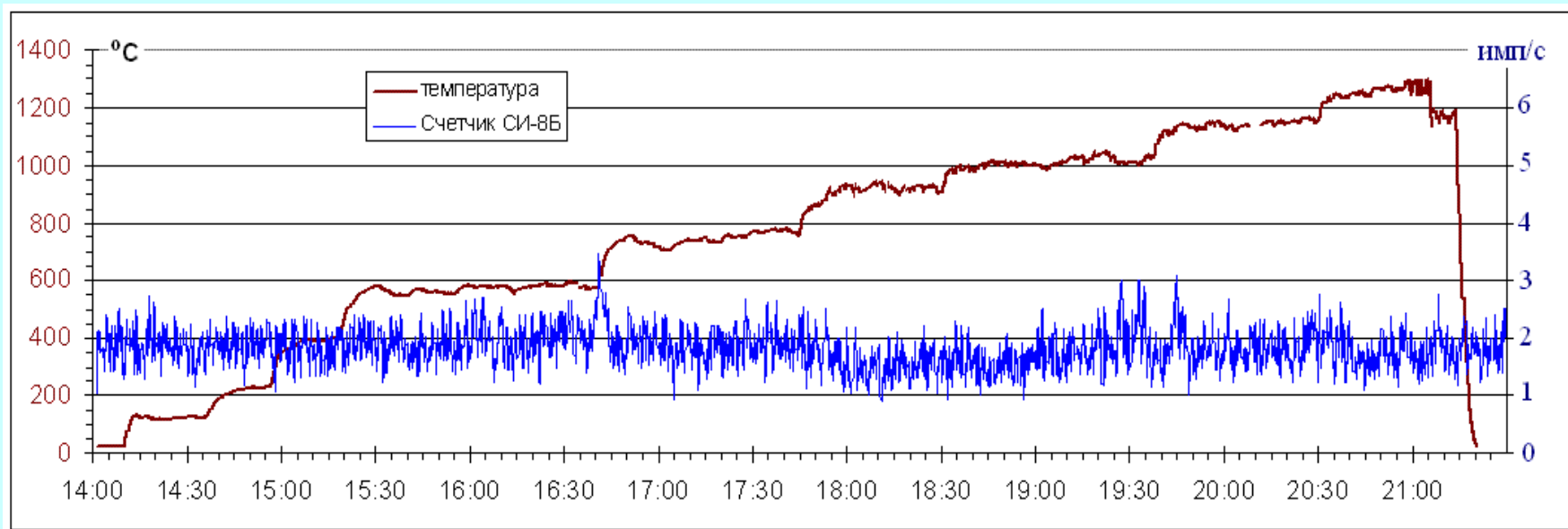


Слева направо: блок электропитания реактора, измеритель скорости счета счетчика Гейгера, амперметр, усилитель сигнала термопары, индикатор температуры реактора, компьютерный самописец PCLAB-2000, цифровой вольтметр.

Справа реактор в калориметре. На крышке – счетчик Гейгера СИ-8Б, на боковой поверхности дозиметр ДК-02.

На заднем плане - компьютер, регистрирующий в режиме самописца температуру реактора и скорость счета счетчика Гейгера.

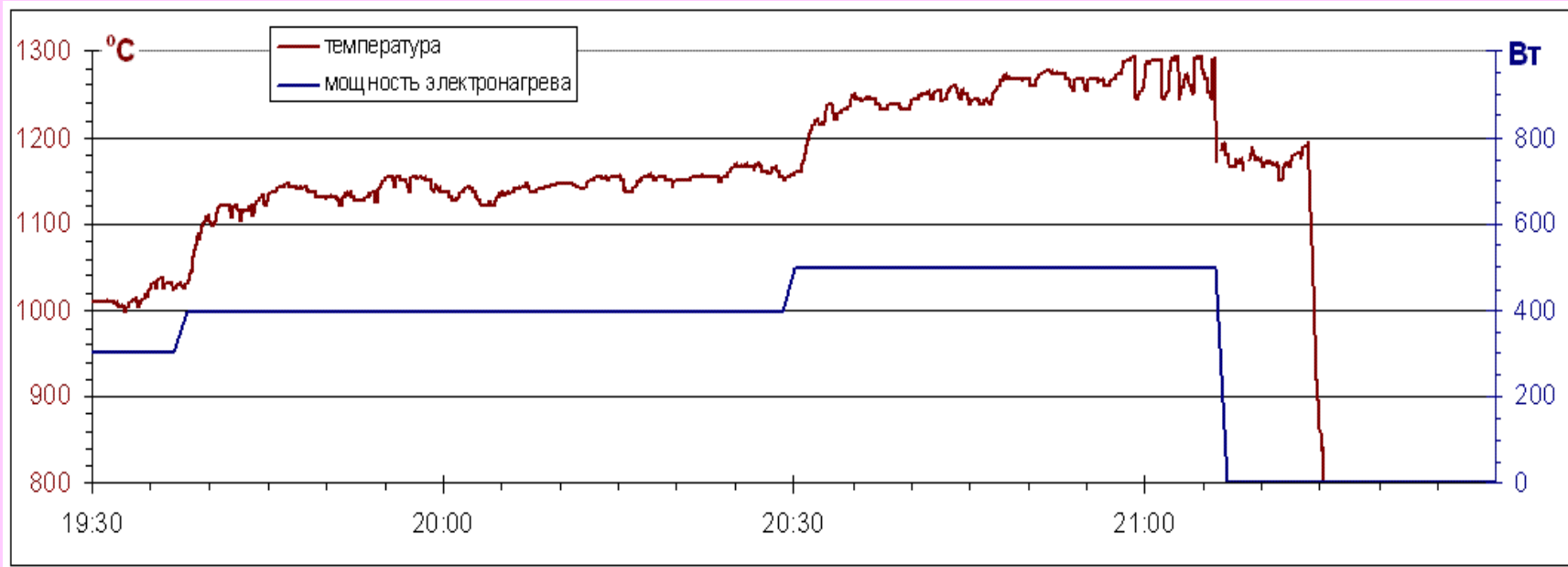
Изменение температуры в процессе нагрева



Мощность, подаваемая на нагреватель, ступенчато менялась от 25 до 500 Вт. Тысячеградусный уровень был преодолен через 5 часов нагрева.

На этой же диаграмме показана скорость счета счетчика Гейгера СИ-8Б. Этот счетчик реагирует на альфа, бета, гамма и рентгеновское излучение. Видно, что на всем протяжении нагрева радиационная обстановка мало отличается от фоновой. Небольшое возрастание заметно лишь около температур 600 и 1000 °C. Дальнейшие исследования должны показать, это случайность или закономерность.

Дозиметр ДК-02 не обнаружил за время эксперимента набора дозы в пределах погрешности измерений (5 мр)



Здесь 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.

В конце участка с наиболее высокой температурой происходят температурные осцилляции. Этот участок завершается прекращением электронного нагрева в результате перегорания нагревателя. После этого на протяжении 8 минут температура держится на уровне почти 1200 °C, и только потом начинает резко падать. Это указывает на то, что в реакторе в это время производится тепло на уровне киловатта вообще без электронного нагрева.

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

Определение выделившегося тепла и теплового коэффициента

Расчеты сделаны для трех режимов работы с температурой около 1000 °С, около 1150 °С и 1200 - 1300 °С

Средняя температура режима	°С	970	1150	1290
Продолжительность режима	мин	38	50	40
Мощность электронагрева	Вт	300	394	498
Потребление электроэнергии	Дж	684000	1182000	1195200
Масса испарившейся воды	кг	0,2	0,8	1,2
Энергия затраченная на испарение	Дж	452000	1808000	2712000
Утечка тепла через теплоизоляцию	Вт	155	155	155
Утечка тепла через теплоизоляцию	Дж	353400	465000	372000
Суммарная выделенная энергия	Дж	805400	2273000	3084000
Отношение выделившегося тепла к потребленной энергии		1,18	1,92	2,58

При температурах 1150 °С и 1200 -1300 °С тепловыделение реактора значительно превосходит потребленную энергию. За время работы в этих режимах (90 минут) сверх потребленной электроэнергии произведено около 3 МДж или 0,83 кВт-часа энергии.

Вывод

Эксперименты с аналогом высокотемпературного теплогенератора Росси, загруженным смесью никеля и алюмогидрида лития, показали, что при температурах порядка 1100 °С и выше это устройство действительно производит энергии больше, чем потребляет.