

Исследование аналога
высокотемпературного теплогенератора
Росси.
Новые результаты

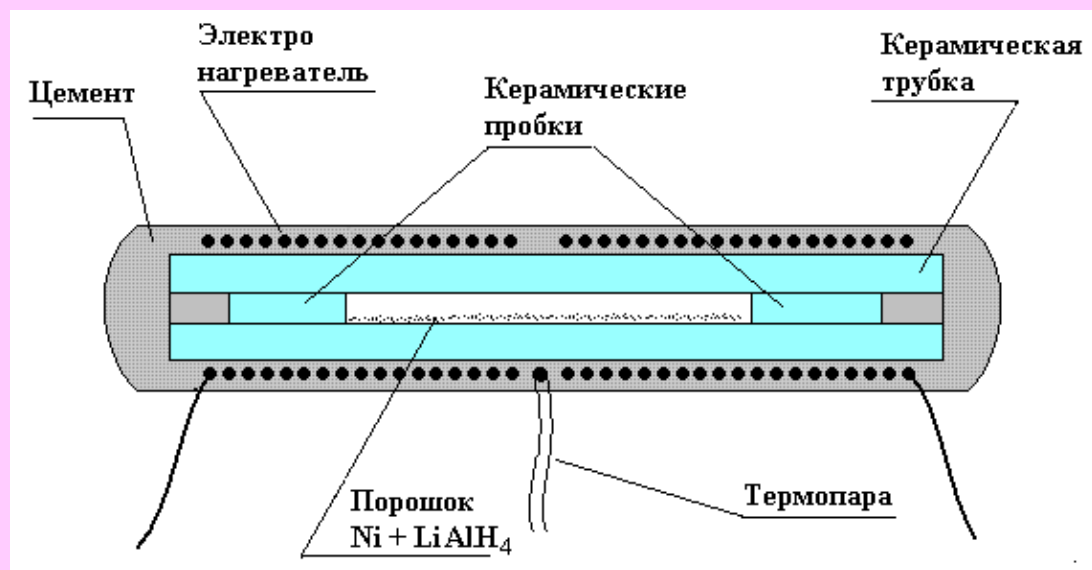
Пархомов

Александр Георгиевич

На основе отчета экспертов, наблюдавших работу высокотемпературного теплогенератора Росси в Лугано, можно предположить, что этот реактор, 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.

Исходя из этого предположения и было создано устройство, о котором идет речь в сегодняшнем докладе.

Конструкция изготовленных реакторов



Фотография реактора,
подготовленного к эксперименту

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.

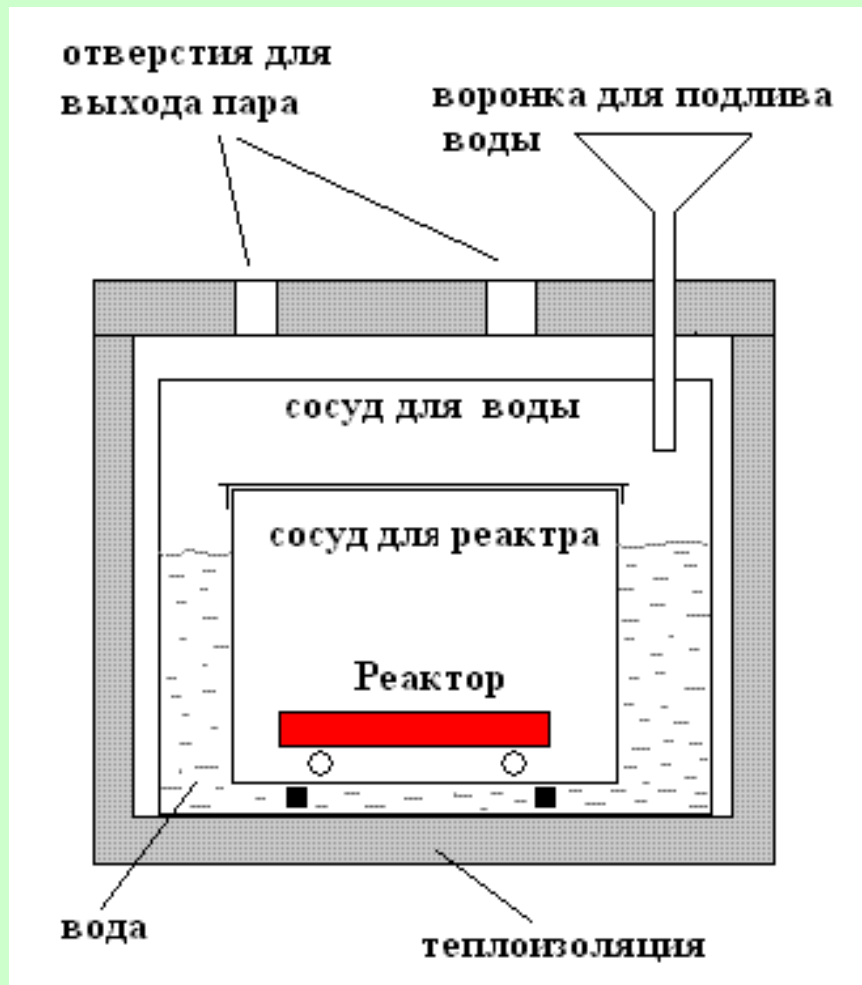
Внутри трубки находится 1 г порошка $\text{Ni} + 10\% \text{Li} [\text{AlH}_4]$.

С наружной поверхностью трубки контактирует термопара.

Концы трубки запечатаны жаростойким цементом.

Таким же цементом покрыта вся поверхность реактора.

Измерение выделяющегося тепла



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

Использованная экспертами при проверке реактора России 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

Реактор находится в закрытом металлическом сосуде.

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.

Вид калориметра со снятой крышкой

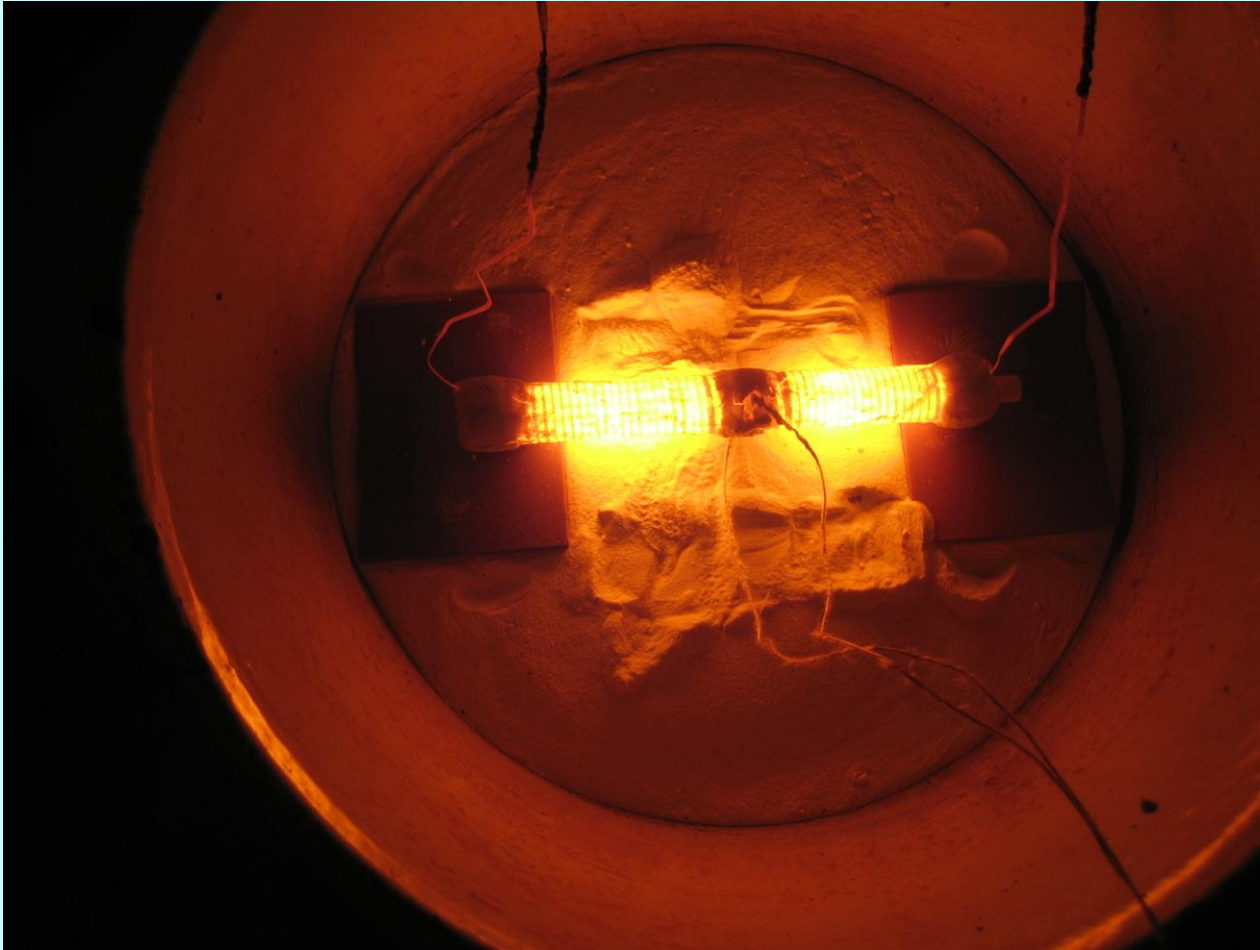


Внутренний сосуд с реактором накрыт массивной крышкой.

Он погружен в воду, налитую во внешний сосуд.

Цилиндрическая теплоизоляция накрывается пенопластовой крышкой, на которой устанавливается счетчик Гейгера.

Реактор во время работы



Сняты крышки с теплоизоляции и сосуда с реактором

Реактор в теплоизоляции из корундового порошка



Реактор зарыт 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.

Комплекс аппаратуры

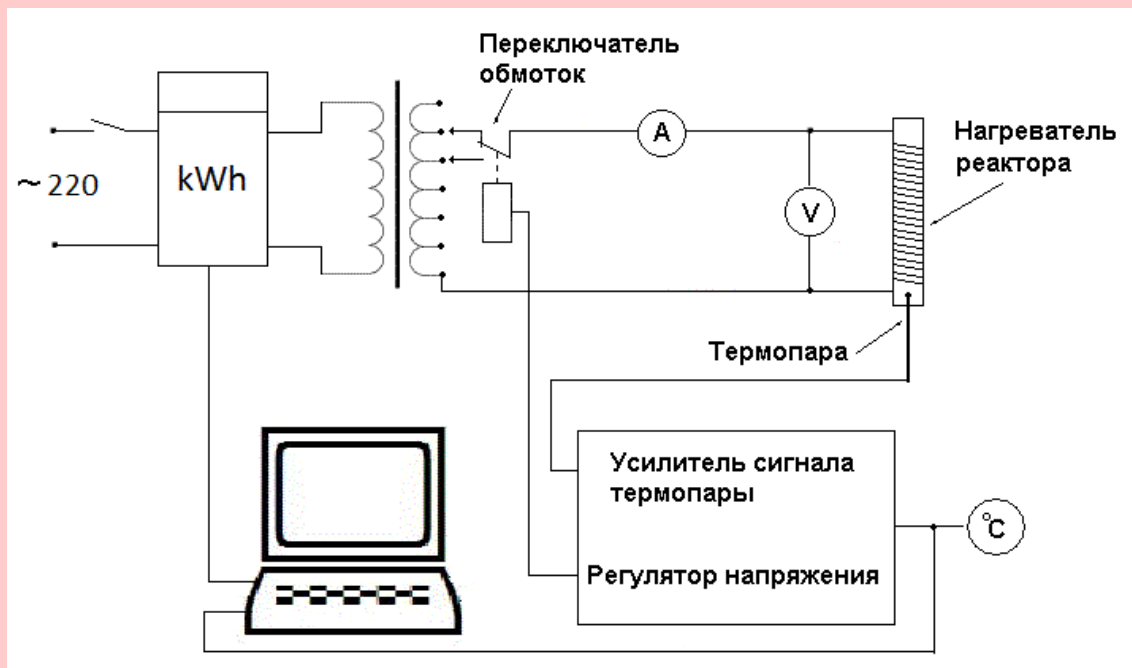


Слева направо вверх: усилитель сигнала термопары с регулятором мощности, компьютерный самописец, компьютер для регистрации температуры и скорости счета счетчика Гейгера, устройство измерения скорости счета счетчика Гейгера.

Слева направо внизу: амперметр, блок электропитания реактора, вольтметр, электронный электросчетчик «Меркурий», выключатель электросети.

Система электропитания и контроля потребляемой мощности

В первых опытах электроэнергия для разогрева реактора бралась непосредственно из электросети с использованием тиристорного регулятора.



В дальнейшем применялся трансформатор с переключающимися обмотками.

Переключение как ручное, так и автоматическое с использованием регулятора, управляемого сигналом термопары.

Это позволяет обеспечивать продолжительную работу при заданных температурах, что повышает устойчивость работы реактора.

Для измерения потребляемой электроэнергии использованы электросчетчик «Меркурий -201», позволяющий передавать информацию на компьютер, а так же вольтметр и амперметр.

Контроль уровня радиации



Сверху – счетчик Гейгера Си-8Б

Сбоку – дозиметр ДК-02

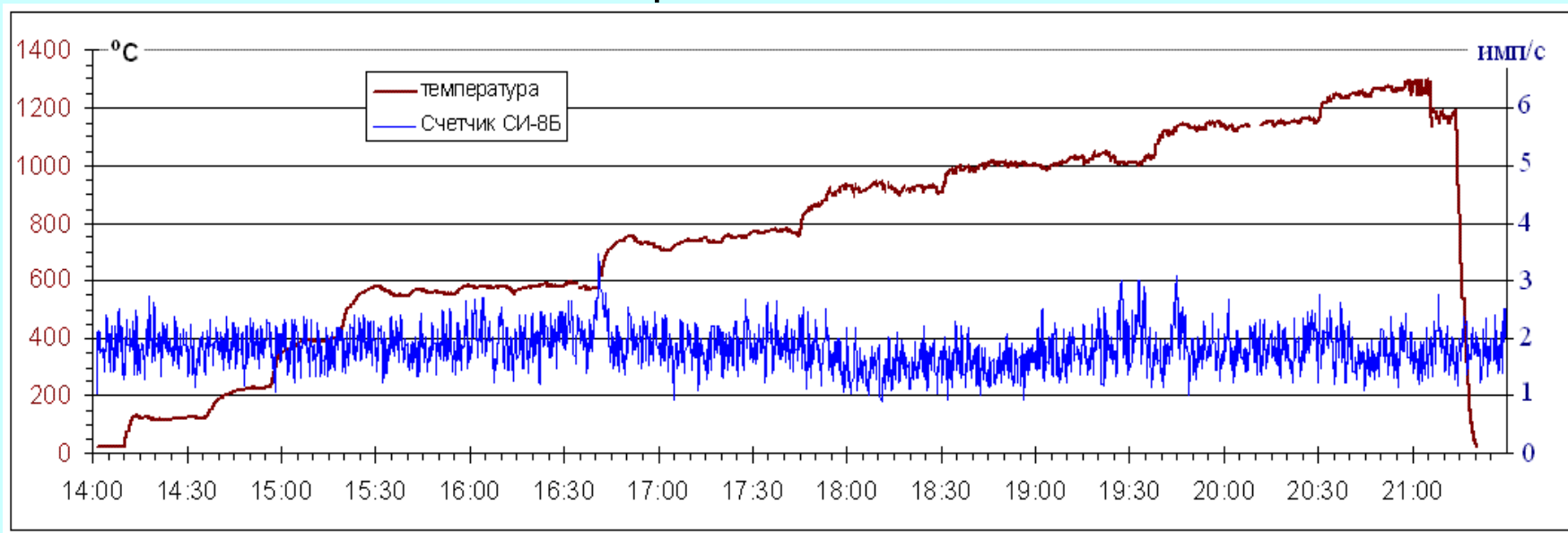
Для регистрации нейтронов
используется пластинка индия,
погружаемая в воду калориметра.



Для измерения активности индия
использованы два счетчика Гейгера.
Импульсы со счетчика регистрируются
специальным компьютером. Кроме того,
этот компьютер регистрирует импульсы
со счетчика на реакторе и с
электросчетчика.

Изменение температуры в процессе нагрева.

Эксперимент 20.12.2014

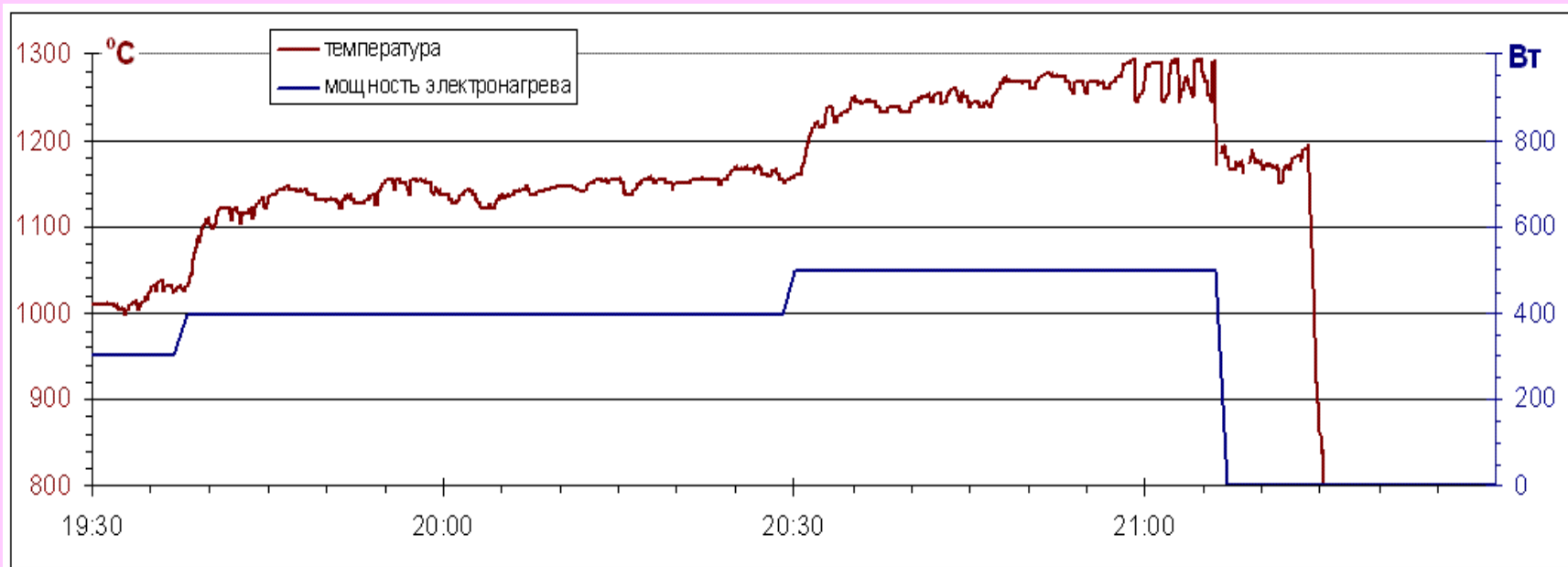


Мощность, подаваемая на нагреватель, ступенчато менялась от 25 до 500 Вт. Тысячеградусный уровень был преодолен через 5 часов нагрева.

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.

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

Заметная активация индия не обнаружена



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 электронагрева 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 электронагрева.

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

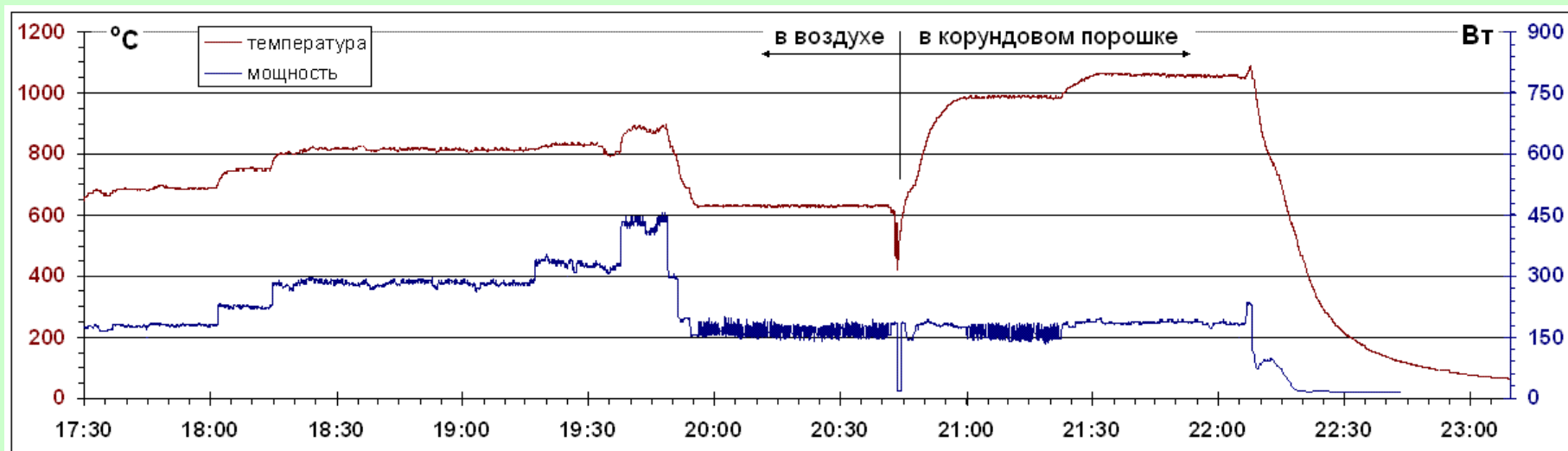
Определение выделившегося тепла и теплового коэффициента на примере эксперимента 20.12.2014

Средняя температура режима	°С	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		0,99	1,92	2,74

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

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. Такая энергия выделяется при сгорании 70г бензина.

Изменение температуры в процессе нагрева. Эксперимент 18. 01.2015



В начале эксперимента реактор находился в воздухе на корундовых подставках. Максимально достигнутая температура 900°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°C.

Затем реактор на протяжении 38 минут работал при температуре около 1080°C. При попытке увеличить температуру произошло перегорание нагревателя.

Определение выделившегося тепла и теплового коэффициента на примере эксперимента 18.01.2015

Теплоизоляция		воздух	корунд
Средняя температура режима	°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		0,95	1,73

Расчеты
сделаны для
двух режимов
работы с
температурой
около 800 °C
(реактор в
воздухе)

и около 1080 °C
(реактор в
корундовом
порошке)

При температуре 1080 °C тепловыделение реактора значительно превосходит потребленную энергию.

Реактор с топливом

Дата	Темпер	Длит	Потр	Произв	COP
	°C	мин	Вт	Вт	
20.12.2014	970	38	301	297	0,99
20.12.2014	1150	50	395	758	1,92
20.12.2014	1290	40	499	1365	2,74
04.01.2015	940	131	304	305	1,00
04.01.2015	1020	75	377	407	1,08
10.01.2015	1080	73	161	284	1,77
18.01.2015	800	90	308	293	0,95
18.01.2015	1080	38	78	135	1,73

Электро нагреватели

Дата	Темпер	Длит	Потр	Произв	COP
	°C	мин	Вт	Вт	
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

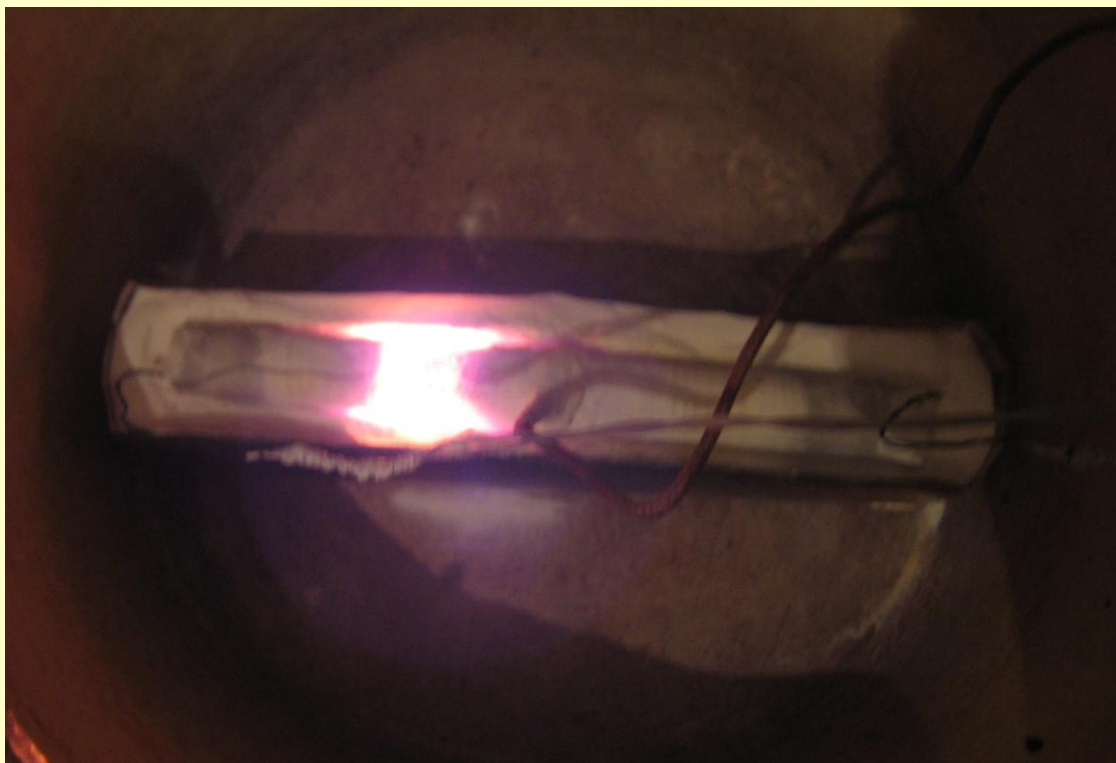
В таблицах показаны результаты, полученные в проведенных экспериментах.

Помимо экспериментов с реакторами, загруженными смесью Ni+Li[AlH₄], проведены опыты с макетами реактора без топлива.

В случаях с макетами реактора, так же как и с реакторами с топливом при температуре ниже 1000 °C, отношение выделившейся тепловой энергии к поглощенной электроэнергии близко к 1.

Существенное превышение выделившейся тепловой энергии над поглощенной электроэнергией наблюдалось только у реакторов с топливом при температурах около 1100 °C и выше.

Проблема неконтролируемых локальных перегревов



Локальный перегрев, приводящий к разрушению реактора.



Главная проблема – кратковременность работы реакторов, связанная с разрушениями, вызываемыми локальными перегревами.



Реакторы после экспериментов

Выводы

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.

Уровень ионизирующих излучений во время работы реактора не превышает заметно фоновые показатели. Плотность потока нейтронов не выше 0,2 нейтр/см² с