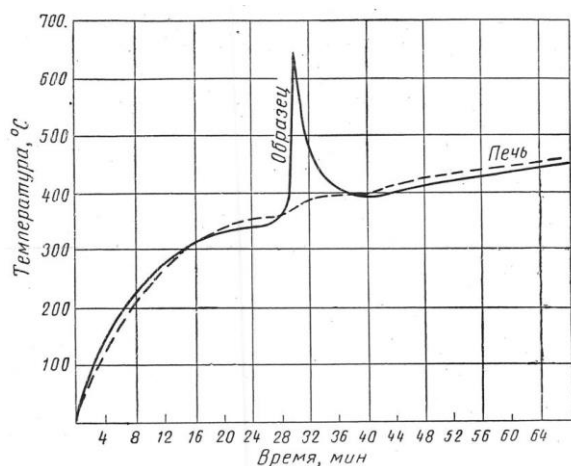


Кинетика системы титан-водород, титан-дейтерий.

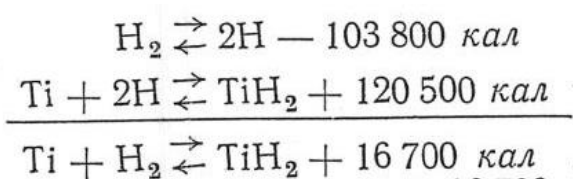
Исследованию свойств гидридов металлов посвящено множество работ, начиная с 50-х годов прошлого века. Это обусловлено широким спектром их применения в химической, металлургической и ядерной промышленности. Гидриды образуются из простых веществ с понижением энтропии, т.к. исходные вещества твердое и газообразное, а конечный продукт-твердый. Поэтому синтезом из водорода и металла можно получить только те соединения, образование которых сопровождается выделением большого количества теплоты. Особое место занимают такие металлы, как Mn, Mo, Cr, Fe, Co, Ni, Pt и Pd в которых водород растворяется эндотермически. На практике интересен процесс взаимодействия Ni и Pd с молекулярным водородом. Например, изучению взаимодействия металлического палладия с водородом посвящено большое число исследований, однако до сих пор нет полной ясности в вопросе о том, образуется ли в ходе такого процесса гидрид палладия, или имеет место физическое растворение водорода. Так или иначе это явление - реальность, и его используют в практических целях, для очистки водорода. Растворяясь в палладии, водород диффундирует через палладиевые мембраны. Водород очень хорошо также растворяется как в твердом, так и в расплавленном никеле без образования гидридов. Помимо, образования «истинных» гидридов вполне определенного состава, водород реагирует с этими металлами с образованием соединений внедрения. Природа этих соединений остается еще далеко не выясненной, и для объяснения их строения пока что не предложено удовлетворительной модели. Следовательно, большой разброс данных по теплоте образования соединений внедрения (псевдогидридов Ni и Pd) зависит от множества условий, при которых происходит насыщение водородом.

Гидрид титана представляет собой обратимый гидрид способный поглощать большое количество водорода (1грамм Ti – до 400мл водорода при н.у.) и при нагревании возвращать его обратно. Стоит особо обратить внимание на кинетику и теплоту образования гидрида титана. В работе («Титан и водород» Труды Ленинградского политехнического института, №223, 1963.) показан график изменения



температуры спая термопары запрессованной в порошок титана (вес навески-9 грамм) -сплошная линия на графике. И изменение температуры второй термопары-пунктирная линия, которая находилась рядом с навеской и измеряла температуру в зоне нагрева трубчатой печи. Реакция между титаном и водородом начинается при 332 град С с резким поднятием температуры до 650-ти град С и продолжается 10 минут до температуры термодинамического равновесия. К сожалению, авторы («Титан и водород» Труды Ленинградского политехнического института, №223, 1963.) не указали,

при каком давлении водорода в печи осуществлен данный процесс. Авторами также изучена кинетика образования и разложения гидрида титана и приведены следующие данные.



Показано, что процесс образования и разложения гидрида в этих экспериментах имеет асимметрию по энергии поглощения и выделения тепла. При образовании гидрида энергии выделяется больше на 14%, чем требуется на разложение гидрида. Природу такой аномалии авторы оставили без ответа. Это просто констатация экспериментальных данных. Предположение и пристальное внимание о прохождении каких-либо неизвестных реакций ответственных за избыточное тепловыделение (химической или ядерной природы) в кристаллической решетке металлов получило толчок в 1989 году. Аномальные тепловые эффекты наблюдались при электролизе водных растворов, когда в качестве катода применялся палладий. Было сделано

предположение о прохождении ядерных реакций между ядрами водорода или дейтерия (в случае электролиза тяжелой воды), в кристаллической решетке металлического катода. Многообразие экспериментов, в надежде подтвердить прохождение синтеза ядер водорода(дейтерия), основываются на обнаружении продуктов ядерного синтеза (в основном нейтронного и гамма излучения) и избыточного тепловыделения при различных способах внедрения водорода или дейтерия в металл:

- 1) Электролитическое насыщение.
- 2) Насыщение из газовой фазы.
- 3) Ионная имплантация-насыщение катода водородом(дейтерием) тлеющим или дуговым разрядом низкого давления.

Каждая лаборатория или исследовательская группа в меру своей оснащенности приборами и оборудованием, выбирала ту или иную постановку экспериментов. Электролитический способ достаточно прост, но долгий период «инкубации» системы -от месяца и больше, когда начинают происходить аномальные эффекты, и плохая воспроизводимость заставляет искать другие способы. Проведение различного рода разрядов в среде водорода сопряжено с трудностями работы с высоким напряжением и особенно со сложностью измерений потребленной электрической энергией, а также с влиянием электромагнитных наводок на приборы ядерной диагностики. Поэтому экспериментальные установки насыщения из газовой фазы наиболее удобны для фиксации ядерных процессов и их продуктов, а также в измерении потребленной энергии на запуск и поддержание процесса.

В наших экспериментах мы выбрали два пути исследования для подтверждения возникновения дополнительной генерации тепла - газовый разряд и насыщение из газовой фазы. Газовый разряд осуществлялся в кварцевой трубе 80мм и 20мм, длиной 500мм. В торцевые уплотнители вставлялись электроды из стали или меди. Анод во всех экспериментах был заострен. На торцевом конце катода размещалась и имела электрический контакт таблетка из прессованного порошка гидрида титана. Питание 80мм реактора осуществлялось высоковольтным источником питания до 20кВ, а питание 20мм реактора от высоковольтного трансформатора микроволновой печи. Первый источник питания имел регулировку по напряжению, во втором случае регулировка напряжения осуществлялась через ЛАТР, подключенным к первичной обмотке трансформатора. В обоих случаях ток-постоянный.



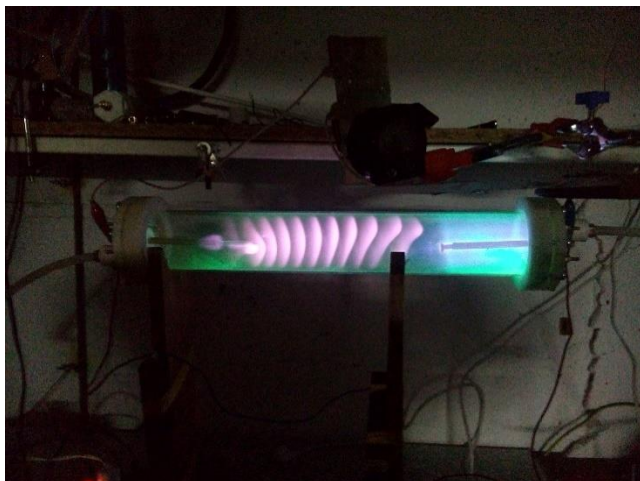
Пневматическая система-генератор водорода, вакуумный насос, буферная емкость для водорода, быстросъемные соединительные фитинги.



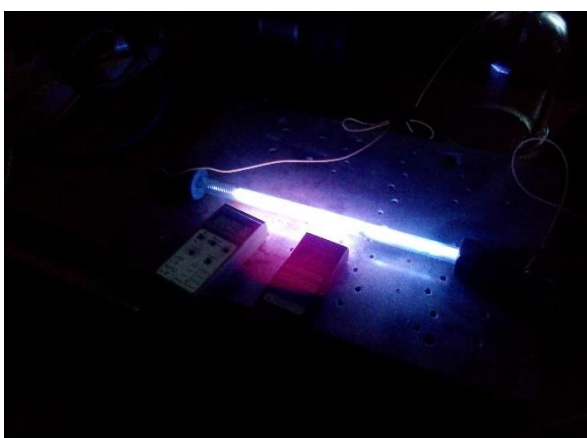
Претензионный датчик давления в системе.

При отладке и проверке пневматической системы и тестовых запусках обнаружен интересный эффект. При вакуумировании реактора двухстадийным вакуумным насосом и подаче напряжения на

электроды загорается тлеющий разряд (600-100В, 50-150мА). При выключении насоса давление в реакторе медленно увеличивается из-за натекания воздуха в местах уплотнительных резиновых прокладок. Положение и размер страт изменяется, затем страты исчезают и возникает дуговой разряд с колебаниями тока от 1 до 6 А при том же напряжении горения. Катод при этом быстро раскаляется до вишневого каления. Есть определенное плато в токе стабильно горящего дугового разряда и по мере натекания воздуха в реактор и повышения давления, разряд меняет свои характеристики и при превышении определенного давления тухнет. На стадии перехода от тлеющего разряда в дуговой наблюдается ионизирующее излучение, появляется запах озона и кварцевая труба начинает флуоресцировать зеленым цветом по всей длине разряда.



Счетчики Гейгера при этом начинают увеличивать частоту счета и показывают увеличение ионизации. Причем два разных по конструкции счетчика срабатывают одновременно. Уровень может возрастать в сравнении с обычным фоном в 50 раз и более. Возможно это можно отнести к электромагнитным помехам, но ионизирующее излучение возникает в узком диапазоне давления и при отклонении давления в ту или иную сторону, ионизация пропадает. Ток, напряжение, колебания тока и внешний вид разряда при этом остается неизменным. Возникновение ионизирующего излучения возможно и в обратной ситуации перехода дугового разряда в тлеющий. Например, при давлении воздуха в реакторе равного атмосферному и подаче напряжения на электроды (600-1000В, разряд не горит), и при включении вакуумного насоса, загорается сначала дуговой разряд. Дальнейшая откачка изменяет характеристики разряда и на каком-то промежутке времени возникает ионизация на 10-15 секунд и далее разряд переходит в тлеющий без ионизирующего излучения.



Дуговой разряд низкого давления в кварцевой трубе диам.20мм



Тлеющий разряд в кварцевой трубе диам.20мм.

Эти эксперименты проводились на стадии подготовки пневматической системы без напуска водорода. Поэтому сложно оценить влияние водорода, который при нагревании таблетки гидрида

титана в качестве катода, мог десорбироваться внутрь реактора и вносить вклад в ионизацию. Ионизация иногда возникала и при менее нагретом катоде в процессе запуска дугового разряда. Само явление не стабильно, ориентировочно можно сказать, что при прочих равных условиях ионизация возникает только 2-3 раза из 10-15-ти запусков.

Целью постановки данных экспериментов, это было сравнение двух полностью идентичных реакторов, с одинаковыми электрическими цепями питания, и одной общей пневматической системой. Только в первом реакторе в качестве катода-мишени выступала таблетка прессованного порошка гидроксида титана, а во втором такая же таблетка, но окисленная на воздухе и потерявшая способность к гидрированию/дегидрированию.



Таблетки, как видно на данном фото, размещались на концах спая термопар, которые во время подачи напряжения на них отключались от измерительных приборов. Заостренный анод размещен по центру колокола и находится на расстоянии 10см от катода(таблетки). При горении разряда, титановая мишень раскаляется до красного каления и при отключении питания, и при переключении термопар на измерительный прибор можно измерить температуру мишени.

Предполагалось провести разряд в атмосфере водорода и дейтерия (при пониженном давлении) и сравнить температуру мишеней за одинаковое количество времени горения разряда. На тестовых пусках двух реакторов было обнаружено, что дуговые разряды не могут быть идентичными. Различные привязки плазмы к разным частям электродов, хаотичное изменение тока не позволят корректно провести эксперимент из-за неравномерного потребления тока и соответственно разной потребленной мощности на нагрев мишеней.

Основанием для проведения данного эксперимента являются публикации в Международном журнале прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 5 (часть 1) – С. 46-48, а также в International Journal of Materials Science Number 3 (2017), pp. 405-409, работы Неволina В.К. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11539>

В этой работе автор для экспериментального доказательства существования избыточного тепловыделения выбрал британский магнетронный распылитель Emitech K575X. «Мишень была изготовлена из никеля, в качестве подложек использовались кремниевые полированные пластины, используемые в микроэлектронных технологиях. Рабочим газом являлся аргон. Никелевая мишень толщиной 300 микрон была выбрана как металл, наиболее дешевый, чем палладий. Идея эксперимента заключается в сравнении изотопного состава подложек и мишеней при нанесении никеля в разряде аргона и в разряде аргона с водородом. В смеси концентрация водорода составляла не более 10 %. Магнетрон работал с периодическим включением. В случае нанесения никеля на кремниевую подложку тлеющий разряд в аргоне проводился три минуты и на пятнадцать минут разряд выключался для остывания мишени и разрядной камеры. Проводилось пять циклов нанесения никелевой пленки. Токи разрядов составляли -125 мА, вакуумные условия во время нанесения пленок составляли -0,85 Па. В случае разрядов в смеси аргона с водородом ситуация несколько изменилась. Наблюдался большой нагрев разрядной камеры. Пауза между разрядами была увеличена до двадцати минут, вакуум при разряде составлял -0,9 Па. Ток разряда составлял -125 мА. Изменение тепловыделения можно было бы объяснить возникновением термохимических

реакций – образование гидридов никеля. Однако эти соединения неустойчивы, тем более при высоких температурах никелевой мишени. В масс-спектрах обнаруживаются только их следы. Изменение тепловыделения в разряде можно объяснить изменением изотопного состава в пленках никеля. Масс-спектрометрические измерения проводились на двух разных приборах TOF-SIMS и IMS-4f в двух организациях. После серии разрядов были также обнаружены изотопы натрия, алюминия, калия в локальных областях на поверхности мишени. В связи с этим была сужена область исследования спектра изотопов относительно никелевой мишени. Реакции с водородом приводят к увеличению значения пика ^{62}Ni по сравнению с пиком ^{60}Ni относительно такого же соотношения в контрольной пленке, сформированной без водорода.»

Стоит обратить внимание также на первые работы Карабута А.Б. и Савватимовой И.Б. опубликованные в журнале «Письма в ЖТФ», том 16, вып.12,1990г. «Ядерная реакция на катоде в газовом разряде». <https://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/25434>

В этой статье авторы обнаружили, что по результатам прироста тепла, поступающего в палладиевый катод в среде дейтерия (напряжение горения разряда 50-500В, ток 10-500мА), наблюдается связь прироста температуры с ростом интенсивности нейтронного излучения при постоянном токе разряда.

Далее, этот же автор в более поздней своей статье «РЕГИСТРАЦИЯ НАРАБОТКИ СТАБИЛЬНЫХ И ГАММА ИЗЛУЧАЮЩИХ НУКЛИДОВ В ТВЕРДОМ ТЕЛЕ КАТОДА СИЛЬНОТОЧНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА» <https://refdb.ru/look/2909680-pall.html>

Показал, что «есть экспериментальные результаты регистрации избыточной тепловой мощности, эмиссии рентгеновского излучения в экспериментах с сильноточным тлеющим разрядом в D_2 , Xe и Kr . Использовались катодные образцы из Pd , V , Nb , Ta . Отношение выведенной тепловой мощности к введенной электрической мощности 1.6/1, регистрируется только для предварительно дейтерированных Pd катодных образцов в Xe , Kr разрядах. В тоже время избыточная тепловая мощность не регистрируется для чистых Pd катодных образцов в Xe , Kr разрядах. Зарегистрировано образование примесных нуклидов с атомными массами меньше и больше массы катодного образца. Для регистрируемых примесных элементов наблюдается большое отклонение от природного соотношения изотопов. Рентгеновское излучение с использованием термолюминисцентных детекторов, рентгеновской пленки и сцинтилляционных детекторов с фотоумножителями, регистрируется во время горения разряда и после выключения тока разряда (до нескольких часов) в экспериментах с разрядами в H_2 , D_2 , Ar , Xe , Kr .»

В нашем эксперименте, как указывалось выше, нам не удалось провести два идентичных по потребляемой электрической мощности разряда. Также нестабильность появления ионизирующего излучения, плюс сложность выдерживания точного низкого давления из-за несовершенства

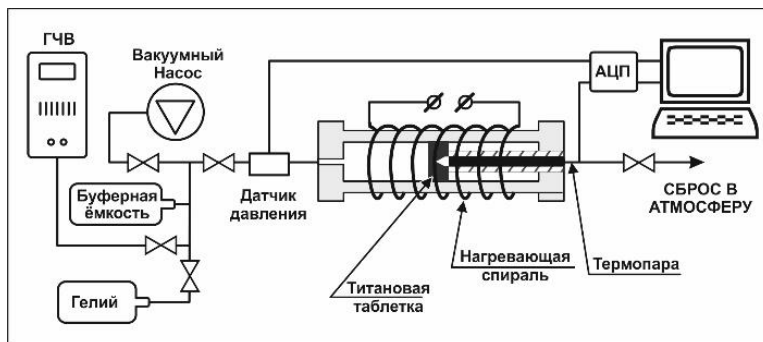
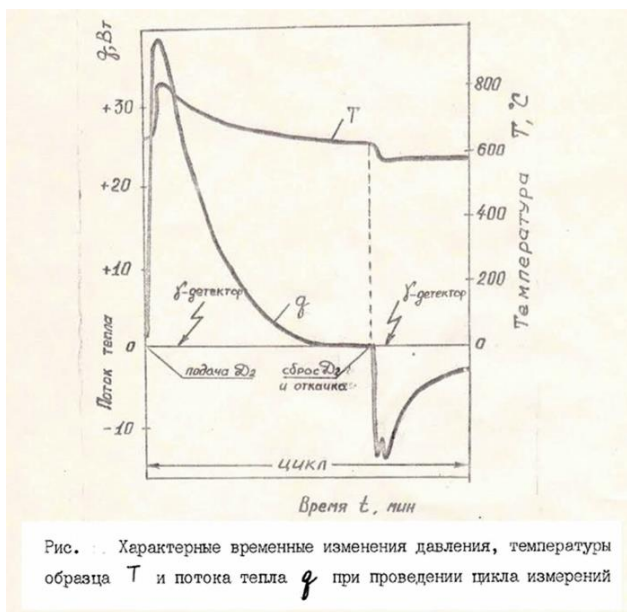


Схема и фото экспериментальной установки.

возникает гамма и нейтронный импульс. Гамма и нейтронные импульсы иногда также возникают в моменты остывания титанового образца. Наверняка это связано с моментами перехода водорода(дейтерия) из гамма-фазы в бета/альфа-фазу. На графике из доклада Цветкова С.А. показаны моменты возникновения гамма и нейтронных импульсов, а также изменения давления и температуры.

Мы видим, что насыщение и дегазация дейтерием титанового образца сопровождается не только процессами химической природы, но и каким-то ядерным процессом. Если говорить о дополнительном выделении тепла при дейтерировании титана, то сложно оценивать количество тепла, не имея сравнительных данных на этих же графиках при использовании водорода.



Вот график потока тепла в реакторе и пояснения к нему из доклада Цветкова С.А.

«Если сравнить тепловой поток от образца титана при насыщении титана дейтерием и во время дегазации дейтерида титана — откачки, то есть выхода дейтерия из титана, то отношение выделившегося тепла при насыщении к затраченному теплу при откачке составит около двух (1,96). Таким образом, при поглощении дейтерия выделяется много тепла, а при его откачке тепло поглощается, но в меньшем количестве.»

Если обратить внимание на работы Киркинського В.А. (г.Новосибирск) <https://regnum.ru/news/innovatio/2631134.html>,

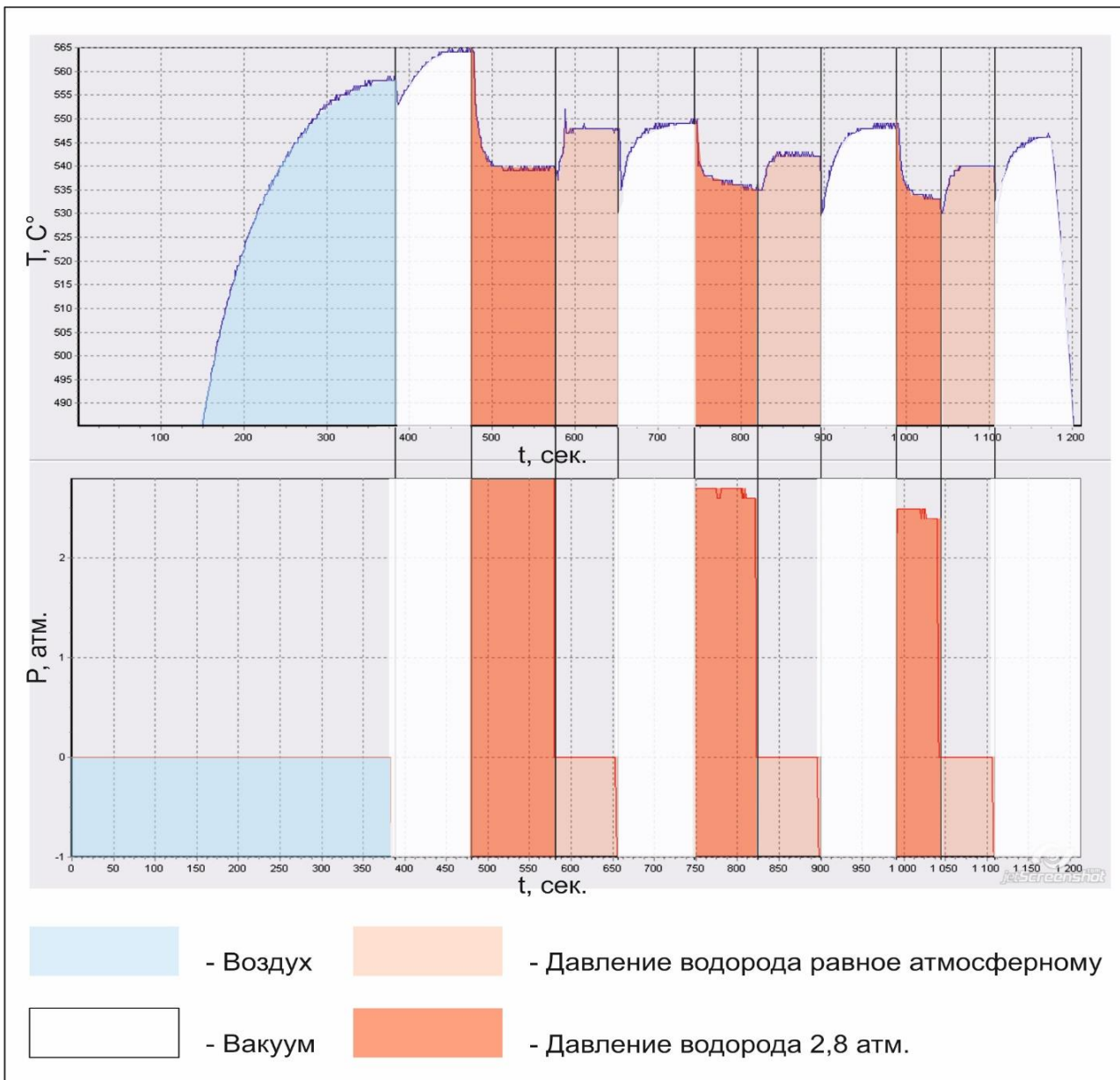
который использует систему палладий/дейтерий (насыщение из газовой фазы), то в данном докладе он показывает, что *«Относительная избыточная энергия составляла в среднем ~23% с максимальными значениями до 35% от затраченной. Это доказывает, что избыточная энергия обусловлена не химическими, а ядерными процессами. Выделение энергии, на 25–35% превышающей потребляемую, было подтверждено в серии опытов с циклами нагрева и охлаждения реактора. Свидетельством ядерных реакций в реакторе является повышение потоков нейтронного и гамма-излучения при росте температуры до 400°C и их снижение до уровня фона при охлаждении.»*

Сравнение работ Цветкова С.А. и Киркинського В.А. показывает, что процессы избыточного тепловыделения лучше и легче идут в титане, чем в палладии.

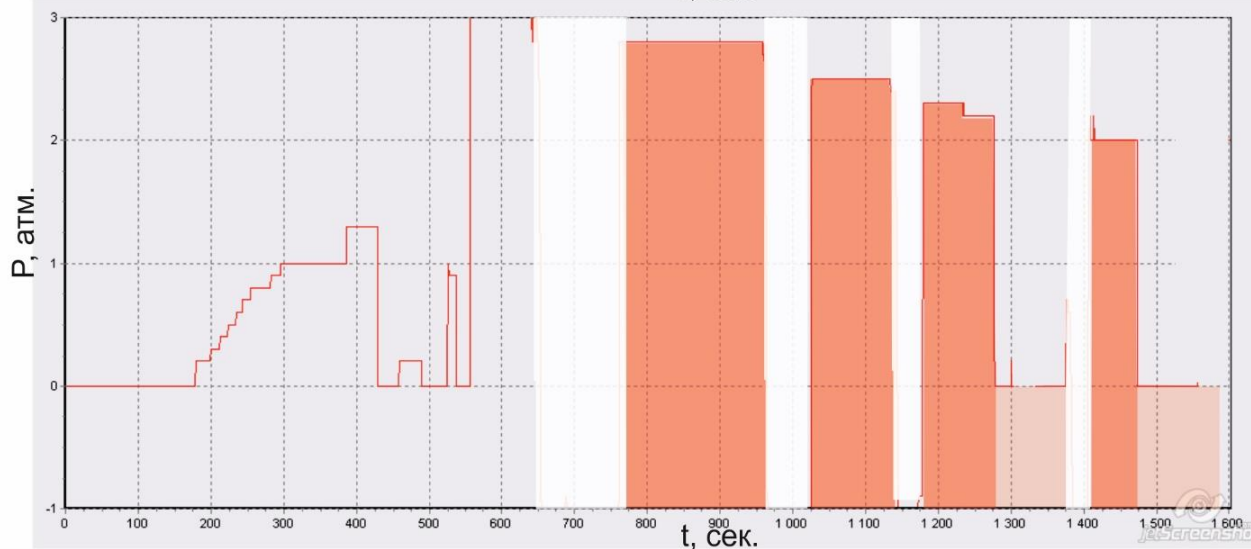
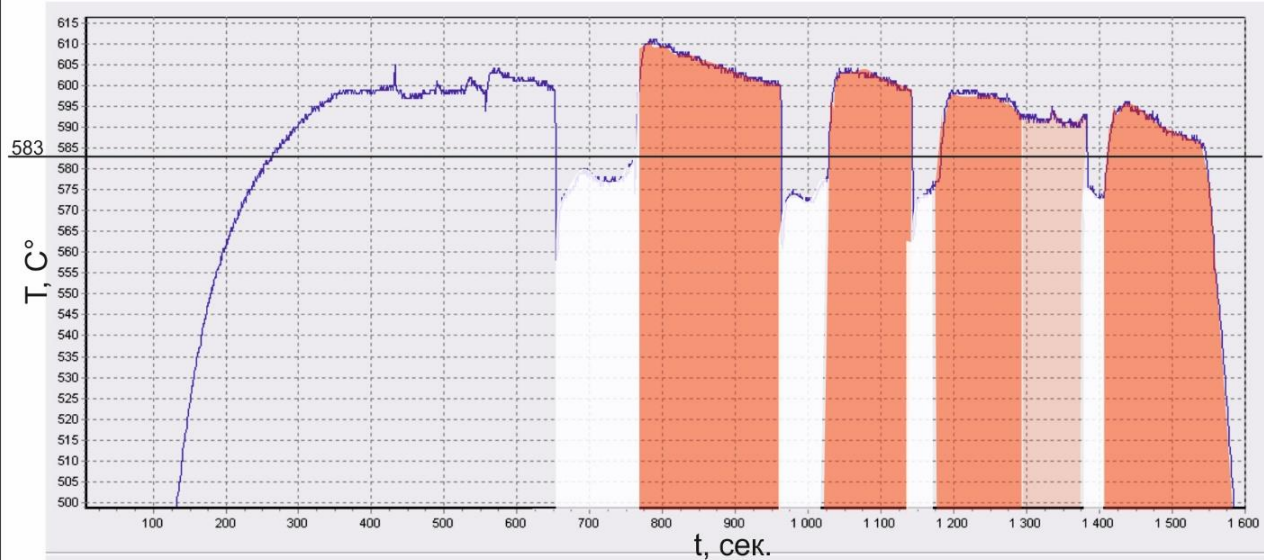
Приступая к экспериментам на нашей установке, сначала мы откалибровали работу реактора на «холостом ходу». Спай термопары находился по оси кварцевой трубки без титановой таблетки.

На графике видно, что, нагрев спая термопары в присутствии атмосферного воздуха происходит до температуры 558 градусов, затем включая вакуумный насос и получая вакуум, температура поднимается до 565-ти градусов. Подача водорода с избыточным давлением 2,8атм. приводит к понижению температуры до 540-ка градусов. Сброс давления из реактора повышает температуру на 5-7 градусов. Т.е. температура спая термопары в вакууме всегда выше, чем температура, когда спай термопары находится в атмосфере водорода.

Это связано вероятно связано с тем, что спай хромель-алюмелевой термопары реагирует с водородом эндотермически, т.к. этот спай не находится в изолированном нержавеющей кожухе, как в некоторых видах термопар. Но как показали дальнейшие эксперименты, когда газом являлся гелий или воздух, видно, что это связано с теплопереносом в реакторе и разной теплопроводностью газов. Это важный момент, и стоит учитывать это при анализе графиков в дальнейшем.



Второй эксперимент, в котором таблетка гидрида титана находилась в реакторе и спай термопары был непосредственно введен в середину таблетки, проводился с напуском водорода. Максимальное давление, с которым мы могли работать-это 3 атм. Больше не мог дать наш генератор водорода. В начале нагрева видно, что при температуре 545 градусов из гидрида титана начал выделяться водород и создавать давление выше атмосферного. Затем до 550-й секунды производили сбросы давления в атмосферу и подавали 3 атм. водорода. Начальная температура напуска водорода-583 град. С. Затем реактор вакуумировали, при этом понижалась температура (без таблетки температура повышается) и подача давления 2,8 атм. вызывает резкий подъем температуры, которая медленно понижается. Через некоторое время производится откачка и вновь подача водорода из буферной емкости (ГВЧ во время экспериментов отключен). При каждом цикле давление в системе немного понижается, т.к. часть водорода откачивается в атмосферу вакуумным насосом. Соответственно понижается на такую же величину и температура «вспышки».



- Давление водорода равное атмосферному

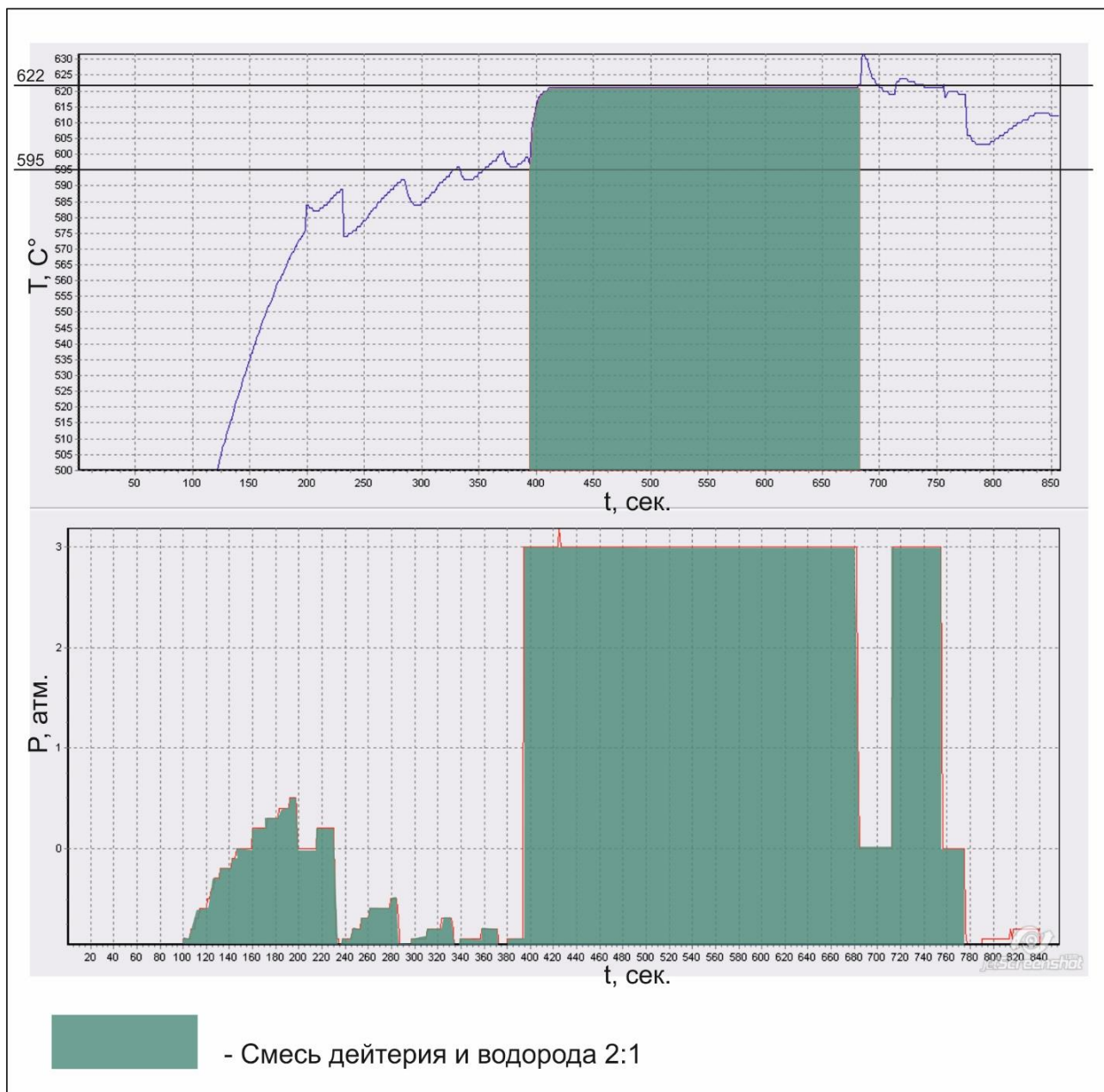


- Давление водорода

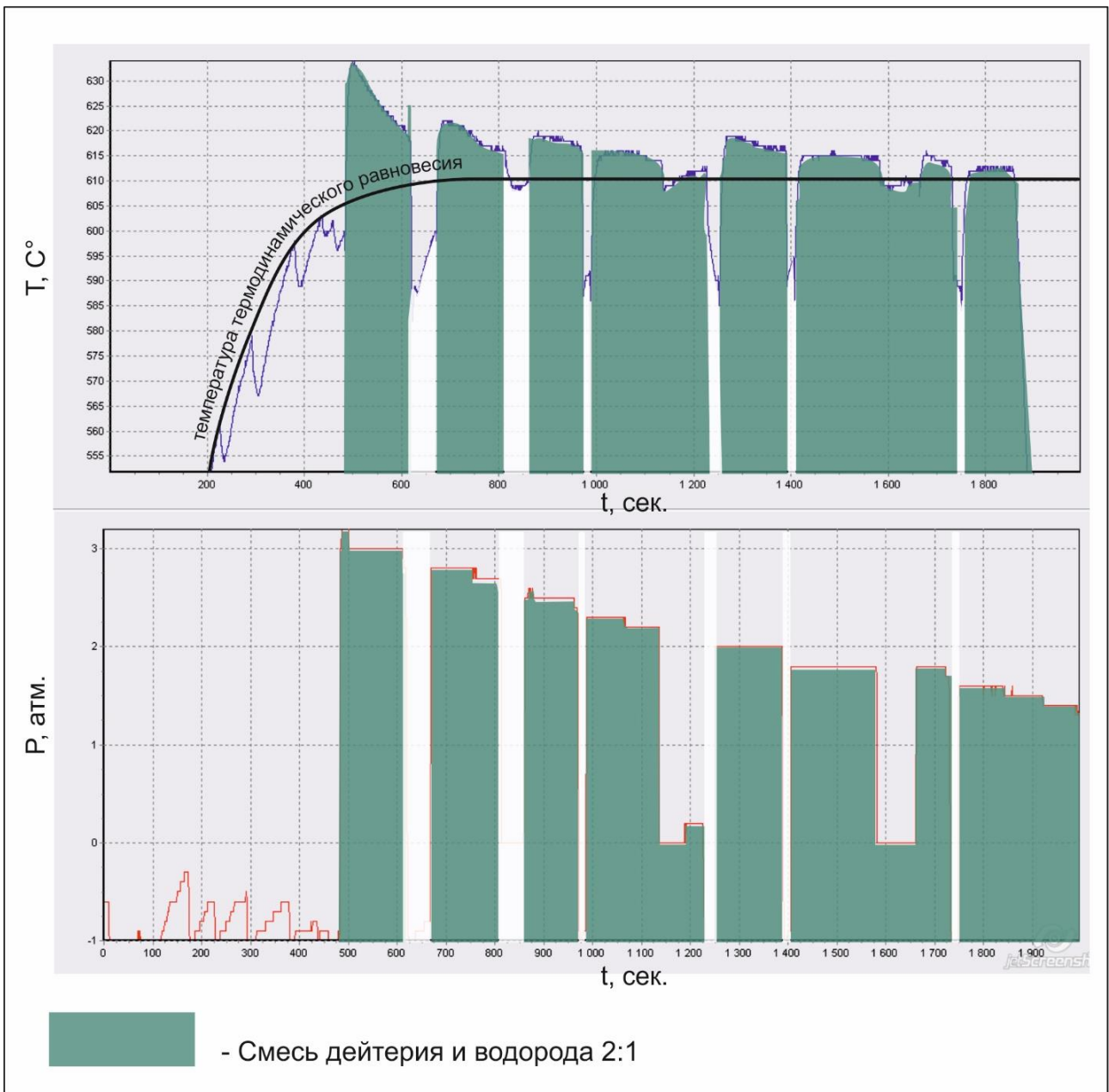


- Вакуум

Чтобы получить график сравнения водорода и дейтерия, мы заменили в ГЧВ обычную воду на смесь тяжелой и обычной воды в соотношении 2/1. На этой смеси генератор водорода проработал четыре часа, для удаления обычной воды из межмембранного пространства и после этого мы насытили таблетку титана дейтерием. Первый тест сразу изменил картину графика. Мы ожидали, что при подаче дейтерия температура «вспышки» будет выше, чем соотношение на водороде 1 атм./10 град. Но оказалось, что подъем температуры имеет такое же соотношение, но сильно изменилась длительность повышенной температуры. Как видно на графике, при подаче смеси дейтерия и водорода, подъем температуры не понижался в течении 4,5 минут, чего никогда на не наблюдалось при работе с водородом. Затем изменив эксперимент сбросом избыточного давления, мы увидели кратковременный подъем температуры с характерным экспонентным падением, и вернув избыточное давление дейтерия, мы вышли на второе плато повышенной температуры.

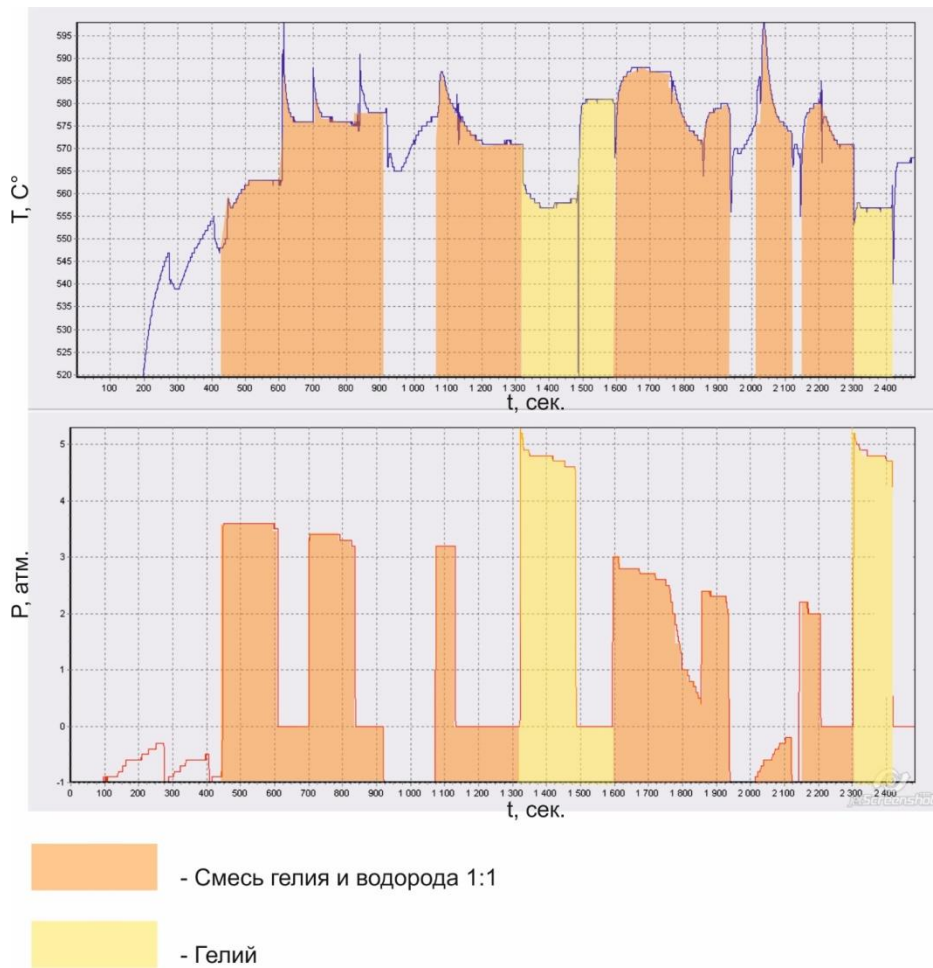


Далее откалибровал систему на температуру термодинамического равновесия в 610 градусов в среде водорода, т.е. подводимая тепловая энергия от нагревательной спирали равна рассеиваемой тепловой энергии, мы начали производить циклы насыщение/откачка. Как видно из графика, первая подача дейтерия сопровождается подъемом температуры и ее падением. С каждым циклом давление в буферной емкости уменьшается, как было сказано, из-за сброса дейтерия в атмосферу (система пока не оборудована компрессором, об этом ниже), но даже при таком относительно низком давлении дейтерия видно, что температура титановой таблетки всегда находится выше температуры равновесия. Принимая 610 градусов как температуру 100% КПД, можно сказать, что система титан/дейтерий явно демонстрирует избыточное тепловыделение. Также видно, что имеет место тенденция выхода температуры на продолжительное горизонтальное плато без падения температуры, что очень выгодно отличает дейтерий от водорода. И это все при экспериментах при максимальном давлении 3 атм. Проведя бы эксперименты с технически несложным возможным давлением до 20-25 атм., и чистым дейтерием, мы бы наверняка получили более впечатляющие результаты.

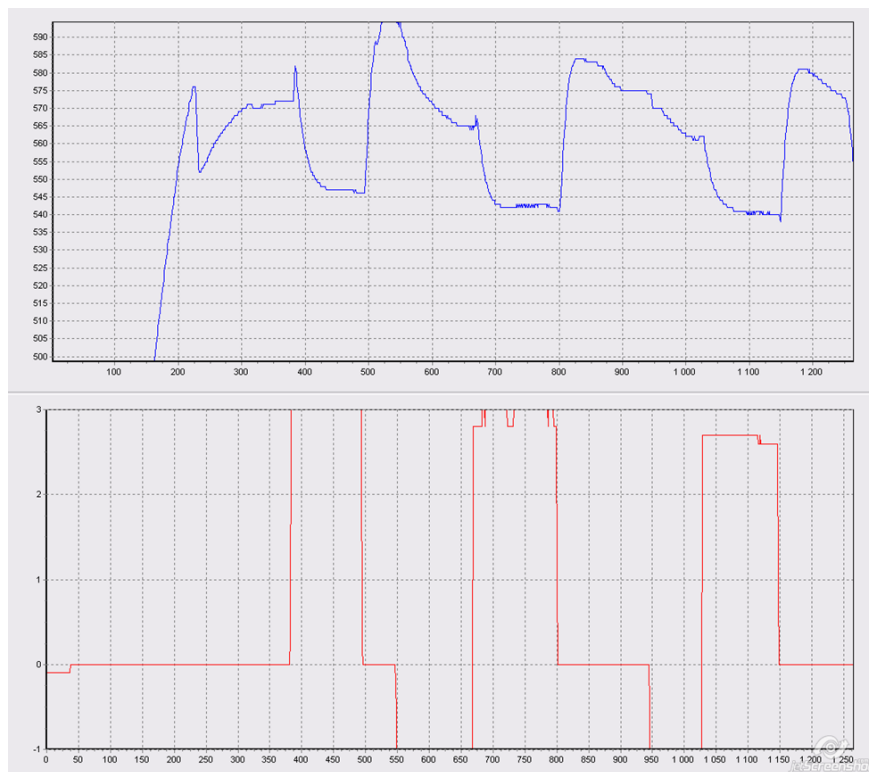


Далее, мы решили протестировать смесь водород/гелий, т.к. в более ранних экспериментах с разрядами в водороде и при добавлении гелия у нас увеличивалось тепловыделение, то представляет интерес как повлияет на графики температур эта смесь в данном случае.

Первая подача смеси водорода и гелия особо не повлияла на ход поднятия температуры. Далее, при сбросе давления, температура поднялась и быстро опустилась. Откачка дала падение температуры, и третья подача давления опять дала кратковременный подъем. Т.е. гелий явно подавляет течение реакции и в нашем случае дает отрицательный эффект. Если подавать в реактор чистый гелий, без водорода, то видно, что чем выше давления гелия, тем ниже температура. Это полная противоположность реакции, в случае с подачей водорода. Затем, это видно на графике, подавая снова смесь гелия и водорода, мы видим подъем температуры при подаче давления.



Мы также поставили эксперимент, в котором рабочим газом был атмосферный воздух. Таблетка титана была в реакторе, как и в предыдущем случае. (Спай термопары внутри таблетки). Из результата видно, что подача избыточного давления дает, как и гелий, понижение температуры, сброс давления до равного атмосферному дает подъем, откачка воздуха мало влияет на ход температурной кривой.

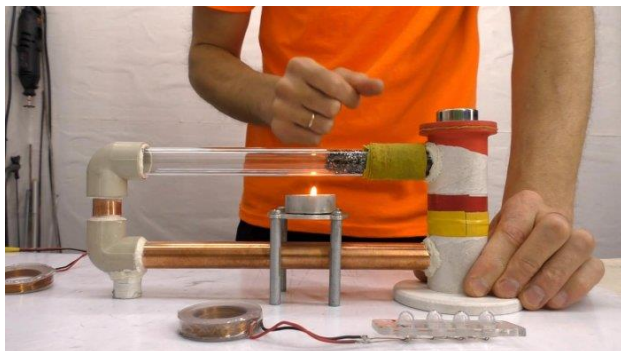


Выводы.

Подводя итог поставленным экспериментам, можно сделать вывод, что дейтерий явно отличается по тепловыделению в сравнении с водородом. На данном этапе можно только предполагать механизм реакций ответственных за избыточное тепловыделение. Если предположить какую-то ядерную природу происходящих реакций помимо химических, то решающим фактором будет обнаружение продуктов ядерных реакций и/или излучений. Пока мы можем только констатировать избыточное тепловыделение, т.к. для диагностики ионизирующих излучений и нейтронного излучения необходимо иметь соответствующее оборудование. В случае импульсных вспышек гамма и нейтронов, задача еще более усложняется.

Наиболее показательным и возможным в наших условиях, будут измерения содержания трития после продолжительной работы (предположительно 7 дней и больше) в циклах насыщение/откачка в системе титан/дейтерий. Для осуществления данного анализа необходимо модернизировать нашу пневматическую систему для работы на более высоких давлениях и оснастить компрессором, чтобы в рабочих циклах при откачке из реактора дейтерий не выбрасывался в атмосферу, а закачивался обратно в буферную емкость. Отбор и сжигание дейтерия для получения пробы воды для анализа на тритий, не представляет особых сложностей.

Если говорить о путях повышения генерации избыточной энергии, то нам представляется в первую очередь это повышение рабочего давления с 3-х до возможно безопасных и достаточно легко выполнимых 20-25 атм., что нам даст повышение температуры на 200-250 градусов, а не на 25-30 градусов, как в нашем случае. Стартовую температуру напуска дейтерия также можно увеличить с 580-ти градусов до 700-800. Или наоборот, снизить стартовую температуру реакции, как показано в работе («Титан и водород» Труды Ленинградского политехнического института, №223, 1963.)) до 350-ти градусов. Также очень перспективна замкнутая пневматическая схема термоакустического двигателя, в котором при нагреве нашей титановой таблетки будут создаваться акустические колебания водорода.



Фотография взята с сайта <https://sdelaysam-svoimirukami.ru/4178-elektrogenerator-na-baze-termoakusticheskogo-dvigatelya-eto-ne-mif.html> , где описывается и показано видео работы такого двигателя. При нагреве места, которое показано на фото, внутри трубки возникают микрошорохи, возможно даже потрескивания от тепловых деформаций, это неизбежно. Эти шорохи – это шум, имеющий широкий спектр частот.

Из всего этого спектра звуковых частот, замкнутый контур начинает усиливать то звуковое колебание, длина волны которого, равна длине трубы – резонатора. И неважно насколько мало начальное колебание, оно будет усилено до максимально возможной величины. Максимальная громкость звука внутри контура наступает тогда, когда мощность усиления звука с помощью нагрева равна мощности потерь, то есть мощности затухания звуковых колебаний. И эта максимальная величина порой достигает огромных величин в 160 дБ. Так что внутри подобного контура, действительно «громко». Звук наружу выйти не может, так как резонатор герметичен.

В нашем случае, заполнив контур дейтерием и при подъеме температуры таблетки до постоянного значения, например 600 град.С, мы будем в реакторе иметь звуковые колебания большой амплитуды частотой от 20 до 200Гц. Соответственно в таблетке титана мы получим уже стадию микросорбции/десорбции дейтерия с этой же частотой. При подаче избыточного давления, мы получим подъем температуры и соответственное возрастание амплитуды звуковых волн. Возрастет и

объем сорбированного/десорбированного дейтерия, что должно дать еще повышение температуры, при этом амплитуда звуковых волн также возрастет и т.д. Это наверняка приведет к интенсификации процесса генерации дополнительного тепла и изменит общую кинетику системы титан/дейтерий.

Июль 2019г.

Институт геофизики окружающей среды,
Отделение ядерной физики и энергетики, пр-к Палладина, 34-а, г.Киев

Хрищанович А.П., tet.lab.zp@gmail.com

+38 067 610 44 85