

Комментарии к двум статьям Г.Ф. Терентьева, Е.В. Курьяновой,

Б.Н. Курьянова и М.М. Султанова,

опубликованным в № 17-18 (2015) «Альтернативная энергетика и экология»:

1. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В СИСТЕМЕ «АЛЮМИНИЙ + ЩЕЛОЧЬ».
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ СУСПЕНЗИЙ АЛЮМИНИЯ В ВОДЕ НА ОСНОВЕ ЗАГУСТИТЕЛЯ АГАР-АГАР.

Эти публикации посвящены одному вопросу и претендуют на новое слово в химических технологиях. Среди авторов директор Волжского филиала НИУ МЭИ Султанов и его заместитель по науке Курьянов, но нет ни одного специалиста в химии или хотя бы близкой области. Научные направления ВФ МЭИ также не связаны с химическими технологиями (если можно говорить о науке в этом ВУЗе после кадрового разгрома за 2 года правления М.М. Султанова, что к сути статей не относится).

Однако можно предположить, что все 4 автора прониклись интересом к химии, вспомнили школьные уроки и лекции на 1 курсе и, будучи от природы одаренными людьми, открыли нечто важное. Выжав из этих текстов «воду», в сухом остатке получим отчет о проведенных опытах, где полностью отсутствует теоретический анализ. Этим они напоминают труды алхимиков, которые описывали свои наблюдения, но не были способны объяснить происходящее. Что же содержится в этих статьях по существу?

Статья 1. По существу описана стандартная, лабораторная работа по химии, которая исполнена частично. А именно: «*Определение молярной массы эквивалента металла по объему вытесненного водорода*». Очевидно, что подпись под Рис. 1 скопирована из брошюры с описанием аналогичной лабораторной работы (см. пункт 3 «Списка Литературы»). Но в данном случае «молярная масса эквивалента металла» (алюминия) известна (29 г/моль) и не было необходимости определять ее.

Согласно описанию лабораторной работы, был измерен объем выделившегося водорода V_{H_2} , как уменьшение объема burette, заполненного водой. Зная давление p_{H_2} , массу водорода m_{H_2} можно найти из уравнения Клапейрона-Менделеева:

$$p_{H_2} V_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{M_{H_2}} RT$$

где T — температура воздуха в лаборатории, $M_{H_2} = 2$ г/моль.

Данный метод является слишком грубым для серьезного эксперимента. Дело в том, что под p_{H_2} подразумевается парциальное давление, которое выделившийся водород имел бы в объеме V_{H_2} , освободившемся от опускания воды в burette. При

этом предполагается, что в объеме нет воздуха, а есть только водород и насыщенный водяной пар, суммарное давление которых равно атмосферному. Идея такого предположения основана на том, что смесь водорода и водяного пара выходит из раствора в пузырьках, внутри которых воздуха нет. Можно понять, что суммарный объем вышедших пузырьков равен V_{H_2} .

Однако, как в лабораторной работе так и в статье предполагается, что температура газа в пузырьке равна температуре T окружающей среды. Учитывая, что в ходе реакции раствор разогревается, от этого может возникать погрешность в m_{H_2} . Далее, давление воздуха в лаборатории следует измерять барометром, а давление насыщенного водяного пара в пузырьках определять по метео-таблицам. Соответственно, необходимо замерять температуру раствора, которая является переменной.

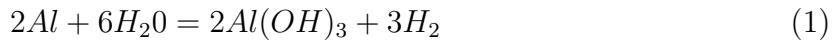
Судя по тексту статьи, авторы ничего подобного не делали. Хотя бы потому, что они наблюдали за реакцией на глазок, щупая колбу для определения фактов ее разогревания и остывания (одновременно вчетвером для верности?). Измерения начинались после того, как весь алюминий прореагировал, а колба с раствором пришла в термодинамическое равновесие с окружающей средой (остыла).

Стоит заметить, что в такого рода лабораторных работах относительные погрешности около 50% считаются нормальными. Как будет видно ниже, такого же порядка погрешности измерения допущены в обсуждаемой статье. Таким образом, метод измерения выхода водорода, который выбрал коллектив авторов, хотя и применяется в студенческих «лабораторках», для настоящего эксперимента не годится.

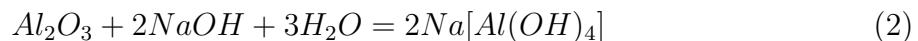
Позаимствовав схему опыта из стандартной, лабораторной работы, авторы не потрудились сделать даже первый расчетный шаг — найти массу водорода на выходе. Команда исследователей не тратила время на химию, физику и математику, а просто измеряла уровни воды в бюретке, получая таким образом «объемы выделившегося H_2 » (Таблица 1). И это — **все** данные, полученные в ходе «эксперимента».

И что же собственно было «открыто»? Оказывается, что если погрузить алюминий в раствор едкого натра, то будет выделяться водород. Для тех, кто не помнит курс школьной химии, достаточно ввести в поисковик запрос «взаимодействие алюминия с щелочами». Куда смотрели рецензенты журнала «АЭЭ», который якобы входит в базу данных Chemical Abstracts?

Химия данного процесса состоит в следующем. Водород выделяется отнюдь не при взаимодействии алюминия с едким натром, как утверждают авторы, а при его взаимодействии с водой:



При этом едкий натр удаляет тонкую (в несколько нм) оксидную пленку на поверхности алюминия, которая препятствует его реакции с водой:



В итоге получается соль — тетрагидроксиалюминат натрия. Гидрооксид алюминия, который выделяется на его поверхности в ходе реакции (1), в воде практически не растворяется. Эта пленка удаляется реакцией:



которая также может идти в обратном направлении. Тетрагидроксиалюминат натрия, в свою очередь, переходит с поверхности алюминия в раствор.

Таким образом, реакция (2) удаляет оксидную пленку на поверхности частиц алюминиевой пудры, после чего запускается водородпроизводящая реакция (1). Реакция (3) очищает поверхность алюминия от гидрооксида, который при этом выделяется, как желеобразное, прозрачное вещество.

Задержка времени начала реакции, о которой авторы пишут, как об открытом ими эмпирическом эффекте, тривиально объясняется тем, что растворение оксидной пленки происходит не мгновенно. Естественно, что при повышении концентрации раствора $NaOH$ скорость реакций (2) и (3) возрастает. А при малой концентрации обратимая реакция (3) может заглохнуть, после чего заглохнет и реакция (1). Это объясняет еще одно наблюдение авторов статьи: при концентрации раствора меньше 0.4% часть алюминия не реагирует и остается на дне колбы.

Возможно химики в чем-то поправят, но реакции (1), (2), (3) объясняют все, о чем написано в статье псевдоученых из ВФ МЭИ. При этом в ней нет ни одной химической реакции! Вместо элементарного, теоретического анализа, который можно провести с помощью интернета, команда инноваторов по-детски добросовестно описывает видимый (идут/не идут пузырьки) и тактильно ощущаемый (теплая/холодная колба) процесс, пытаясь выдать дневник наблюдений за науку.

В Таблицах 1 и 2 собраны числовые данные. Это — значения «выхода водорода» в миллилитрах при различных массах алюминиевой пудры и концентрациях едкого натра (он же каустическая сода и гидрооксид натрия $NaOH$). Заметим, что такие данные *бессодержательны*, поскольку объем газа зависит от давления и температуры. Если подразумевались атмосферное и комнатная, то в серьезном, научном исследовании следовало указать точные значения. Кроме того, объем выделившегося водорода V_{H_2} отвечает температуре в пузырьке на момент перехода из раствора в воздух, а она может быть заметно выше комнатной.

С практической точки зрения важно знать не этот условный и переменный объем V_{H_2} , а массу полученного водорода. Значение которой легко прогнозировать из уравнений химической реакции. Но тогда пришлось бы повозиться с экспериментами, чтобы добиться адекватных результатов, что, вероятно, помешало бы полету инновационной мысли. Поэтому авторы тривиально измеряли линейкой значения, на которые уменьшался заполненный водой объем беретки, а единственными вычислениями были умножения этих значений на внутреннее сечение беретки.

Кроме этого совместный труд авторов заключался во взвешивании алюминиевой пудры, а также в разбавлении $NaOH$ водой в различных концентрациях. Хотя можно сказать наверняка, что «навески» и растворы для господ начальников готовили другие, т.к. в ВФ МЭИ химия все-таки преподается.

Посмотрим, что получилось в таблице 1 после всех этих «научных трудов». Используем следующие данные: при атмосферном давлении (1 бар) и температурах 0 и 100 градусов Цельсия водород H_2 имеет плотность 0.000087 г/мл и 0.0000637 г/мл соответственно.

Согласно Таб. 1, из 0.008 г алюминия выделилось 6.5 мл водорода. При плотности 0.0000637 – 0.000087 г/мл его масса 0.0004 – 0.00056 грамма. Согласно уравнению реакции (1) масса алюминия в 9 раз больше. Следовательно при выходе H_2 , указанном в 1-й строке Таб. 1, должно было быть израсходовано 0.0036 – 0.0054 г алюминия.

Таким образом, относительная погрешность измерения выхода водорода, которую допустили авторы, находится в диапазоне 48 – 120 %. По данным из 4-й строки Таб. 1 аналогично получается погрешность 21 – 65 %, а последняя строка Таб. 2 дает 20 – 67 %. Уменьшение погрешности при повышении температуры подтверждает сказанное о том, что «объем выделившегося водорода» отвечает температуре в пузырьке, которая существенно выше комнатной.

Итак, результаты в таблицах 1 и 2 являются неприемлемо *грубыми* для научного эксперимента. Соответственно, построенные по ним графики на рис. 3 и 4 доверия не вызывают. С качественной точки зрения рис. 3 тривиален и не дает никакой новой информации. Действительно, при постоянной температуре водорода в пузырьках зависимость объема V_{H_2} («выход водорода») от массы алюминия является строго линейной, поскольку в ходе реакции (1) имеет место $m_{H_2} = m_{Al}/9$. Рис. 4 вводит читателя в заблуждение, т.к. при «растворении» фиксированной массы алюминия 0.03 г выделится 0.00333 г водорода независимо от концентрации раствора $NaOH$. Тот факт, что авторы пишут здесь о «выходе водорода» свидетельствует о полном непонимании смысла данных, которые были получены.

Быстрый рост объема V_{H_2} в начальной части графика на рис. 4 связан с разогреванием раствора за счет ускорения реакций и, соответственно, ростом температуры газа в пузырьках. Затем она стабилизируется, что выражается почти горизонтальным участком графика. Это связано с тем, что раствор постепенно закипает, а температура в состоянии кипения остается постоянной (фазовый переход). Факт стабилизации скорости «рабочих» реакций (1) и (3) при росте концентрации, который отражается на рис. 5, связан с тем, что они идут только в водном растворе. При дальнейшем росте концентрации скорость реакций, естественно, уменьшается (видно на Рис. 5).

Таким образом качественные эффекты, которые усматриваются на рис. 3, 4, 5, физически очевидны. Столь же очевидно, судя по тексту статьи, что авторы их не понимают. Оценочное суждение об оптимальности раствора едкого натра с концентрацией 4 – 8 % является, фактически, рекомендацией по безопасному проведению школьного опыта, который не имеет отношения к реальному производству водорода.

В последнем предложении статьи отражена ее бессодержательность: «*Из проведенных экспериментов следует, что при регулировании концентрации щелочи возможно управлять рабочим процессом получения водорода*». Если реакция идет только в водном растворе, то, разумеется, его концентрация влияет на процесс. Хотя для восьмиклассника на школьной конференции это звучало бы неплохо. Но каким «рабочим процессом получения водорода» можно управлять? Эта лукавая фраза создает впечатление о том, что тривиальный опыт, описанный в статье, имеет важное значение в контексте производства водорода.

Статья 2 является продолжением 1-й и, по замыслу авторов, перекидывает мостик к промышленному производству водорода методом, который был «открыт в ВФ МЭИ». Данный текст настолько тривиален, что его трудно обсуждать по существу! Показателен фрагмент из первого абзаца, который скопирован из Википедии (см. в ней статью «Агар-Агар»). «*Агар-агар не растворим в холодной воде. Он полностью растворяется только при температурах от 95 до 100 градусов. Горячий раствор является прозрачным и ограниченно вязким. При охлаждении до температур 35–40° он становится чистым и крепким гелем, который является термообратимым. При нагревании до 85–95° он опять становится жидким раствором, снова превращающимся в гель при 35–40° градусах.*

Единственная идея, которую авторы считают новой, заключается в предложении добавить в раствор щелочи загуститель, чтобы частички алюминия были взвешены в вязкой жидкости (а не падали на дно сосуда). Числовых данных или формул, связанных

ных с химическим процессом, в этой статье нет. «Научные результаты» заключаются в следующих наблюдениях.

1) Если понемногу добавлять загуститель, то водный раствор станет вязкотекучим.

2) На 100 мл воды и 10 г алюминиевой пудры не стоит добавлять больше 0.5 г загустителя агар-агар, иначе будет плохо течь.

3) Загуститель не влияет на процесс выделения водорода.

Последнее особенно впечатляет. Если органический загуститель химически не взаимодействует с водой и едким натром, а также алюминием (вместе с оксидом и гидрооксидом), то факт его инертности в реакциях (1), (2), (3) является настолько неожиданным, что только тонкие эксперименты могли его установить (это ирония конечно).

Еще один псевдо-результат выглядит так: «*Таким образом экспериментально подтвержден способ регулирования рабочего процесса в проточном реакторе непрерывного действия по линии подачи загущенной водной суспензии алюминия*». Что представляет из себя проточный реактор, который многократно возникает в тексте? На звание реактора претендует лабораторный опыт, изображенный на рис. 3 а). От описанного в 1-й статье он отличается вот чем.

Вместо колбы, в которой идет реакция, взяли трубку на рис. 3 б) и соединили нижний конец с «магистралью отвода водных продуктов реакции». Последняя представляет собой трубу или колбу (слева на рис. 3 а)), куда стекает жидкость из сосуда на рис. 3 б). Очевидно, что в него залили загущенную, водную суспензию алюминия и размешали с едким натром. Жидкость постепенно стекла в левую трубу (или колбу) на рис. 3 а). При этом фильтр в нижней части «реактора» не пропускал частицы алюминия и шла реакция выделения водорода.

Древние приборы на полу, которые видны на рис. 3 а) (правый похож на бытовой обогреватель на боку), явно туда для декорации. Как таковой проточной схемы нет.

Авторы не гнушаются недобросовестной саморекламы. «*Результаты проведенных исследований по приготовлению загущенной водной суспензии алюминия можно успешно использовать в строительной сфере промышленности, например в производстве газобетона, существенно сократив энергозатраты на приготовление водных суспензий алюминия*». Что именно можно использовать? Кто, где и как оценивал успешность применения?

Еще одна лукавая цитата. «*В результате проведенных экспериментов получен устойчивый рабочий процесс получения водорода в схеме проточного реактора. Спо-*

соб получения водорода запатентован. На основе полученных результатов разработан ряд проектов с водородным реактором непрерывного действия ...». Что означает термин «рабочий процесс»? Можно в промышленное производство запускать? Согласно сказанному выше, проточного реактора здесь нет. Есть просто «вытекающий реактор».

Чтобы провести опыт с непрерывной подачей суспензии алюминия одними колбами и бюретками не обойтись. Сложность состоит в том, что раствор нужно подавать в зону реакции отдельно от Al — геля, смешивая уже на месте. Необходимо какое-то техническое решение, которое авторы не искали, хотя и оформили патенты. Вопрос — на что? На химические реакции (1), (2), (3), о которых авторы вряд ли догадываются? На школьный опыт с получением водорода из алюминия? На предложение смешивать алюминиевую пудру с гелем для применения в проточном реакторе водорода, который пока не существует? Тот факт, что таких патентов прежде не было может свидетельствовать о том, что настоящим ученые не патентуют все мысли, которые приходят в голову и имеют отношение к каким-либо проблемам.

Стоит заметить, что, кроме трех авторов данной статьи, под патентами подписались первый директор ВФ МЭИ Кузеванов и второй директор Шамигулов. А между тем наивная фантазия о том, что способ получения водорода из алюминия в растворе щелочи является чем-то новым, возникла у студента Мокеева, который выступил с ней на конференции в ВФ МЭИ в 2012 (п.1 в списке литературы).

Итог. Таким образом, научный уровень двух рассмотренных работ является скandalально низким. С точки зрения химии и физики они безграмотны, а с технической точки тривиальны. Содержание сводится к наблюдениям за опытами уровня студенческой «лабораторки», теоретическая часть статей этого уровня не достигает. Никаких новых идей в данных текстах нет, если не считать таковым предложение смешивать раствор щелочи с загустителем. Поскольку «рецензирование» двух статей произошло в течение 1-го рабочего дня (получены в пятницу 31 июля 2015, заключение «совета рецензентов» дано в понедельник 3 сентября 2015), то крайне маловероятно, что «рецензент» достаточно исследовал вопрос о приоритете авторов на столь очевидную «идею». Кроме того, 1-я статья содержит плагиат, т.к. авторы выдали за свое открытие процесс выделения водорода в реакции алюминия с раствором щелочи, известный из школьного учебника. Об этом же свидетельствуют патенты, полученные ими и другими лицами из руководства ВФ НИУ МЭИ.

д.ф.-м.н. Зотьев Д.Б.



МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

HYDROGEN PRODUCTION METHODS

Статья поступила в редакцию 31.08.15. Ред. пер. № 2321

The article has entered in publishing office 31.08.15. Ed. reg. No. 2321

УДК 661.961.2

doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.008

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В СИСТЕМЕ «АЛЮМИНИЙ + ЩЕЛОЧЬ»

Г.Ф. Терентьев, Е.В. Курьянова, В.Н. Курьянов, М.М. Султанов

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

На основе патентных исследований определено направление экспериментальных работ по способу получения водорода в системе «алюминий + водный раствор щелочи». Разработана методика лабораторных исследований для получения водорода в системе «алюминий + щелочь», проведены экспериментальные исследования режимов получения водорода в системе «алюминий + щелочь» в лабораторных условиях и экспериментальные исследования получения устойчивых суспензий алюминия в воде на основе загустителя агар-агар, а также экспериментальные исследования по проверке схемы проточного реактора водорода. Представлен анализ по результатам экспериментальных работ по способу получения водорода в системе «алюминий + водный раствор щелочи», рассмотрены возможности регулирования рабочего процесса в проточном реакторе получения водорода в системе «алюминий + водный раствор щелочи».

Ключевые слова: водород, алюминий, водный раствор щелочи, водная суспензия алюминия, загуститель агар-агар, алюминиевая пудра.

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES PRODUCTION OF HYDROGEN
IN THE SYSTEM OF “ALUMINUM + ALKALINE”

G.F. Terentyev, E.V. Kuryanova, V.N. Kuryanov, M.M. Sultanov

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

On the basis of the patent research determined the direction of experimental work on a process for producing hydrogen in the “aluminum + aqueous solution of alkali.” The technique of laboratory studies to produce hydrogen in the “aluminum + lye”, experimental studies of hydrogen production mode in the “aluminum + lye” in the laboratory and experimental studies of obtaining stable suspensions of aluminum in water-based thickener agar-agar, as well as experimental studies to verify the circuit flow reactor hydrogen. The analysis of the results of experimental studies on the method of hydrogen production in the “aluminum + aqueous solution of alkali,” considered the possibility of regulating the working process in a flow reactor for producing hydrogen in the “aluminum + aqueous solution of alkali.”

Keywords: hydrogen, aluminum, alkali aqueous solution, an aqueous suspension of aluminum, viscosifying agent agar, aluminum powder.



Геннадий Федорович
Терентьев
Gennady F. Terentyev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: Ленинградский механический институт (1962).

Область научных интересов: водородная энергетика, диагностика энергетического оборудования, теория горения, энергетические установки.

Публикации: 160.

Author information: Ph.D., associate professor, professor of the department “Heat and power engineering and thermal engineering” of the Volzhsky branch of “National Research University “MPEI”.

Education: Leningrad Mechanical Institute (1962).

Research interests: hydrogen power, diagnostics of power equipment, theory of combustion, power plants.

Publications: 160.



Елена Викторовна
Курьянова
Elena V. Kuryanova

Сведения об авторе: ассистент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: ВФ МЭИ (2006).

Область научных интересов: альтернативная энергетика, диагностика энергетического оборудования.

Публикации: 15.

Author information: assistant of Heat Engineering Department of Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2006).

Research interests: renewables, equipment diagnostics.

Publications: 15.



Василий Николаевич
Курянов
Vasiliy N. Kuryanov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2006).

Область научных интересов: диагностика систем, энергоэффективность оборудования.

Публикации: 25.

Author information: Ph. D. (Tech.), associate professor of Heat Engineering Department Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2006).

Research interests: renewables, energy efficiency of equipment.

Publications: 25.



Махсуд Мансурович
Султанов
Maqsood M. Sultanov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: ВФ МЭИ (2001).

Область научных интересов: исследование и оптимизация режимов работы ТЭС.

Публикации: 27.

Author information: Ph.D., associate professor of the department “Heat and power engineering and thermal engineering” of the Volzhsky Branch of MPEI.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2001).

Research interests: the study and optimization of thermal power plant operation.

Publications: 27.

Концепция экологически чистой водородной энергетики, часто называемая «водородной экономикой», включает [1]:

- Производство водорода из воды с использованием невозобновляемых источников энергии (углеводороды, атомная энергия, термоядерная энергия).

- Производство водорода с использованием возобновляемых источников энергии (солнце, ветер, энергия морских приливов, биомасса и т.д.).

- Надежная транспортировка и хранение водорода.

- Широкое использование водорода в промышленности, на транспорте (наземном, воздушном, водном и подводном), в быту.

- Обеспечение надежности и безопасности водородных энергетических систем.

Объектом исследования являются патентные разработки использования алюминия для получения водорода и использования полученного водорода в различных отраслях [2, 3].

Методика лабораторных исследований для получения водорода в системе «алюминий + щелочь»

По технике безопасности в условиях проведения лабораторных работ запрещено работать с водородом в больших количествах из-за его взрывоопасности, поэтому для проведения экспериментов была собрана лабораторная установка по получению водорода на основе системы алюминиевой пудры ПАП-1 и раствора щелочи NaOH, которая представлена на рис. 1.

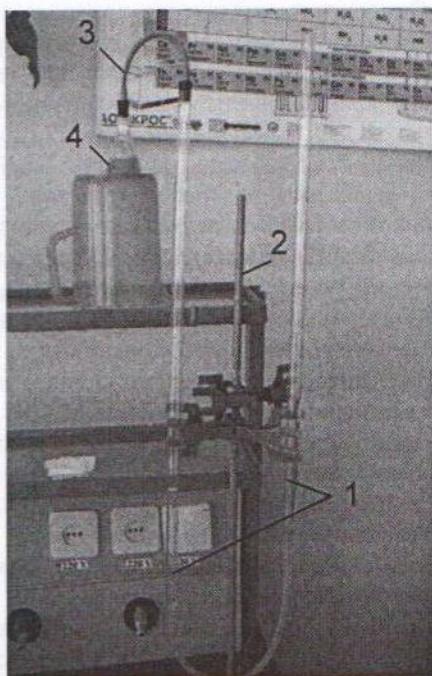


Рис. 1. Прибор для определения молярной массы эквивалента металла

Fig. 1. The device for determining the molecular weight equivalent metal

Метод основан на измерении объема водорода, который выделяется из водного раствора щелочи при химическом взаимодействии с металлом (алюминием).

Установка позволяет измерять выход водорода в небольших количествах. Установка состоит из двух бюреток (1), укрепленных на штативе (2) и соединенных резиновой трубкой (3), заполненных водой. Одну из бюреток сверху закрывают пробкой с отводной трубкой, к которой присоединяют пробирку, где происходит реакция (4). Другая бюретка служит приемником для воды, вытесняемой водородом.

Объем выделившегося водорода определяется по разности уровней воды в любой из бюреток до и после опыта при давлении в закрытой бюретке, равном атмосферному.

Экспериментальные исследования режимов получения водорода в системе «алюминий + щелочь» в лабораторных условиях

Для проведения экспериментов по получению водорода была использована алюминиевая пудра и водный раствор щелочи NaOH.

Первая серия опытов была направлена на пригодность алюминиевой пудры ПАП-1 к растворению в щелочи. После проведения опытов с различным количеством алюминиевой пудры было найдено оптимальное количество для безопасного проведения экспериментов.

Серия опытов с различным количеством алюминиевой пудры

Для осуществления экспериментов брались навески алюминия разной массы и смешивались с одинаковым объемом раствора NaOH.

Массы навесок алюминиевого порошка, а также количество водорода на выходе указаны в табл. 1.

Таблица 1
Выход водорода от массы алюминиевой пудры
Table 1
The yield of hydrogen by weight aluminum powder

Масса Al пудры, г	Объем NaOH, мл	Объем выделившегося H_2 , мл
0,008	30	6,5
0,024	30	21,5
0,03	30	27,6
0,051	30	54,4

Для проведения реакции алюминиевый порошок смешивался в колбе с 8% раствором щелочи NaOH. После этого колба закрывалась пробкой с трубкой, конец которой был в одной из бюреток экспериментальной установки. Когда в колбе начиналась реак-



ция выделения водорода, он по трубке попадал в бюретку и вытеснял воду в другую бюретку. По разности показателей на обеих бюретках определяется количество выхода водорода, т.к. водород не растворяется в воде. Реакция длится, пока алюминий полностью не растворится, это происходит в течение нескольких минут, в колбе остается лишь прозрачная жидкость (рис. 2).

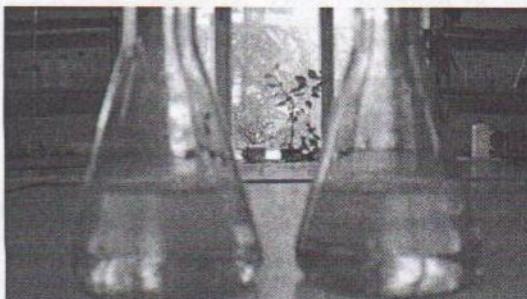


Рис. 2. Колбы с прореагировавшим алюминием
Fig. 2. Flasks with reacted aluminum

В результате взаимодействия происходит бурная реакция получения водорода с выделением тепла. По результатам экспериментов прослеживается зависимость, из которой следует, что при одинаковом количестве щелочного раствора с увеличением массы алюминия наблюдается рост выхода водорода, зависимость почти линейная, она представлена на графике рис. 3. Из полученных результатов следует возможность регулирования получения водорода по линии расхода суспензии алюминия.

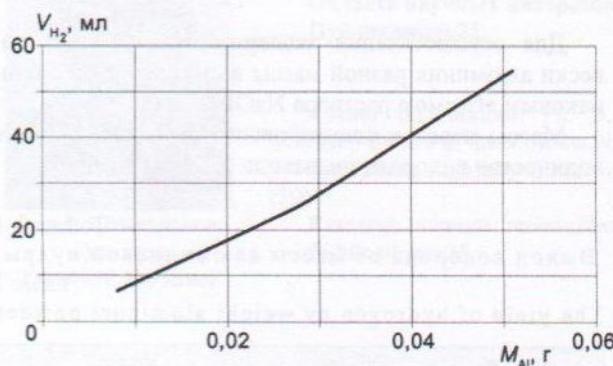


Рис. 3. Зависимость выхода водорода от массы вводимого алюминия
Fig. 3. The dependence of hydrogen yield on the mass of injected aluminum

Серия опытов с различными концентрациями раствора щелочи NaOH

Для осуществления экспериментов брались на вески алюминия одной массы (0,03 г) и смешивались с различными концентрациями раствора NaOH.

Концентрации раствора NaOH, а также количество водорода на выходе указаны в табл. 2.

Таблица 2
Выход водорода от концентрации раствора NaOH
Table 2
Yield of hydrogen on NaOH solution concentration

Объем NaOH, мл	Концентрация NaOH, %	Объем выделившегося H_2 , мл	Время проведения реакции, с
30	0,4	14	840
30	1	25	720
30	2	27,2	600
30	4	30,4	450
30	8	30,8	260
30	15	31,6	210

Примечание: масса алюминиевой пудры 0,03 г.

При проведении экспериментов различные концентрации щелочи смешивались с алюминиевым порошком одинаковой массы. Масса алюминия (при которой реакция не будет выходить из-под контроля) была взята исходя из результатов предыдущего эксперимента, по оптимальному количеству выхода водорода. Так как трудно засечь время полного завершения реакции, оно бралось приблизительное из визуального наблюдения полного растворения алюминия и затухания реакции выделения водорода.

Реакция раствора щелочи концентрации 0,4% протекает очень медленно, реакция начинается лишь через 2-3 минуты после внесения массы алюминия в колбу. Сам процесс выделения водорода выглядит равномерно без резких скачков в начале реакции. После завершения реакции на дне колбы были видны нерастворившиеся частицы алюминия, которые не растворились даже спустя 30 минут.

По мере увеличения концентрации NaOH интенсивность выделения водорода возрастает. При остальных концентрациях алюминий полностью растворяется, нерастворенных частиц не наблюдалось.

Взаимодействие с 15% раствором щелочи характеризуется «взрывным» выходом водорода в начале реакции, т.е. водород выделяется очень бурно и интенсивно с последующим быстрым затуханием реакции.

Оптимальными концентрациями NaOH для равномерного получения водорода можно считать 4% и 8%. При таких концентрациях наблюдалось равномерное выделение водорода за весь период времени осуществления реакции.

На графике (рис. 4) представлена зависимость выхода водорода от концентрации щелочи, из которой следует, что при увеличении концентрации щелочи объем выделяемого водорода стремится к константе. Таким образом, определен максимальный выход водорода при данной массе алюминиевой пасты ПАП-1. Результаты исследования зависимости времени окончания реакции от концентрации щелочи

чи представлены на рис. 5. Исследования показали, что время завершения рабочего процесса выделения водорода в диапазоне концентрации 12-15% составляет порядка 200 секунд, т.е., как следует из графика, дальнейшее увеличение концентрации не сильно повлияет на время затухания реакции, она будет оставаться на данном уровне.

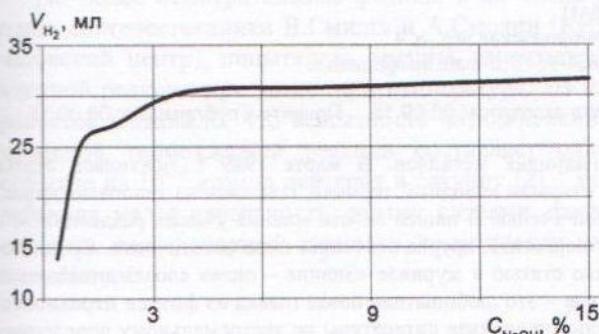


Рис. 4. Зависимость выхода водорода от концентрации щелочи
Fig. 4. The dependence of hydrogen yield on the concentration of alkali

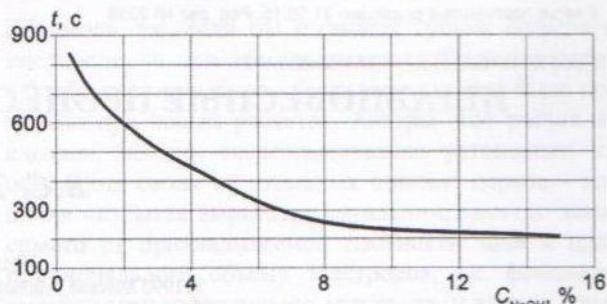


Рис. 5. Зависимость времени окончания реакции от концентрации щелочи

Fig. 5. The time for completion of the reaction of the alkali concentration

Из проведенных экспериментов следует, что при регулировании концентрации щелочи возможно управлять рабочим процессом получения водорода.

Список литературы

- Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике. М.: ИЭС, 2007.
- Мокеев И.В., Терентьев Г.Ф. Моделирование рабочего процесса получения водородного топлива в системе «алюминий + раствор щелочи». «Ресурсо-энергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов»: Четвертая всероссийская научно-практическая конференция, г. Волжский, 25-28 сентября 2012 г. // Сборник материалов конференции. Волжский: Филиал МЭИ в г. Волжском, 2012.
- Коровин Н.В., Мингулина Э.И., Рыжова Н.Г. Лабораторные работы по химии. М.: Высшая школа, 2001.

References

- Kuzyk B.N., Ákovec Ú.V. Rossiâ: strategiâ perehoda k vodorodnoj ènergetike. M.: IÈS, 2007.
- Mokeev I.V., Terent'ev G.F. Modelirovaniye rabočego processa polučeniâ vodorodnogo topliva v sisteme «alûminij + rastvor šełoči». «Resursosberêženie i èkologo-ènergetičeskâa bezopasnost' promyšlennyh gorodov»: Četvertaâ Vserossijskaâ naučno-praktičeskâa konferenciâ, g. Volžskij, 25-28 sentâbrâ 2012 g. // Sbornik materialov konferencii. Volžskij: Filial MÈI v g. Volžskom, 2012.
- Korovin N.V., Mingulina È.I., Ryžova N.G. Laboratornye raboty po himii. M.: Vyššaâ škola, 2001.

Транслитерация по ISO 9:1995



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ СУСПЕНЗИЙ АЛЮМИНИЯ В ВОДЕ НА ОСНОВЕ ЗАГУСТИТЕЛЯ АГАР-АГАР

Г.Ф. Терентьев, Е.В. Курьянова, В.Н. Курьянов, М.М. Султанов

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В работе представлены экспериментальные исследования получения устойчивых суспензий алюминия в воде на основе загустителя агар-агар, а также экспериментальные исследования по проверке схемы проточного реактора водорода. Представлен анализ по результатам экспериментальных работ по способу получения водорода в системе «алюминий + водный раствор щелочи», рассмотрены возможности регулирования рабочего процесса в проточном реакторе получения водорода в системе «алюминий + водный раствор щелочи».

Ключевые слова: водная суспензия алюминия, загуститель агар-агар, алюминиевая пудра, проточный реактор.

EXPERIMENTAL STUDIES FOR PRODUCING STABLE SUSPENSION ALUMINUM IN WATER BASED ON THICKENER AGAR-AGAR

G.F. Terentyev, E.V. Kuryanova, V.N. Kuryanov, M.M. Sultanov

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The work presents experimental studies obtaining stable suspensions of aluminum in water-based thickener agar-agar, as well as experimental studies to verify the circuit flow reactor hydrogen. The analysis of the results of experimental studies on the method of hydrogen production in the “aluminum + aqueous solution of alkali,” considered the possibility of regulating the working process in a flow reactor for producing hydrogen in the “aluminum + aqueous solution of alkali.”

Keywords: an aqueous suspension of aluminum, viscosifying agent agar-agar, aluminum powder, the flow reactor.



Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: Ленинградский механический институт (1962).

Область научных интересов: водородная энергетика, диагностика энергетического оборудования, теория горения, энергетические установки.

Публикации: 160.

Author information: Ph.D., associate professor, professor of the department “Heat and power engineering and thermal engineering” of the Volzhsky branch of “National Research University “MPEI”.

Education: Leningrad Mechanical Institute (1962).

Research interests: hydrogen power, diagnostics of power equipment, theory of comb-



Елена Викторовна
Курьянова
Elena V. Kuryanova

Сведения об авторе: ассистент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».
Образование: ВФ МЭИ (2006).
Область научных интересов: альтернативная энергетика, диагностика энергетического оборудования.
Публикации: 15.

Author information: assistant of Heat Engineering Department of Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2006).

Research interests: renewables, equipment diagnostics.
Publications: 15.



Василий Николаевич
Курьянов
Vasiliy N. Kuryanov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.
Образование: ВФ МЭИ (2006).
Область научных интересов: диагностика систем, энергоэффективность оборудования.
Публикации: 25.

Author information: Ph. D. (Tech.), associate professor of Heat Engineering Department Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2006).

Research interests: renewables, energy efficiency of equipment.
Publications: 25.



Махсүд Мансурович
Султанов
Maqsood M. Sultanov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».
Образование: ВФ МЭИ (2001).
Область научных интересов: исследование и оптимизация режимов работы ТЭС.
Публикации: 27.

Author information: Ph.D., associate professor of the department “Heat and power engineering and thermal engineering” of the Volzhsky Branch of MPEI.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2001).

Research interests: the study and optimization of thermal power plant operation.
Publications: 27.

Space

Международный издаательский дом научной периодики "Спейс"

Для получения устойчивой суспензии алюминия в воде использовали агар-агар, для производства в промышленных масштабах возможно применение модифицированной поликарболовой кислоты, которая схожа по свойствам с агар-агаром. Агар-агар является растительным заменителем, образует в водных растворах плотный студень. Агар-агар нерастворим в холодной воде. Он полностью растворяется только при температурах от 95 до 100 градусов. Горячий раствор является прозрачным и ограниченно вязким. При охлаждении до температур 35-40° он становится

чистым и крепким гелем, который является термообратимым. При нагревании до 85-95° он опять становится жидким раствором, снова превращающимся в гель при 35-40° градусах.

Были проведены эксперименты для нахождения оптимальной величины загущения водной суспензии алюминия за счет растворения различных навесок агар-агара. Для осуществления опытов были взяты 6 навесок загустителя, который смешали с 10 г алюминиевой пасты и 100 мл дистиллированной воды. В емкость с водой добавляли пасту алюминия, содержа-

жимое в емкости тщательно перемешивали до получения однородной массы. Из-за специального покрытия частицы алюминия плохо смешиваются с водой, поэтому наблюдалось расслоение водной суспензии алюминия. Большая часть алюминия оставалась на поверхности. Затем добавляли загуститель и перемешивали.

По мере увеличения массы загустителя получали более равномерное распределение массы алюминия в водной суспензии. Результаты исследования приведены на фотографиях (рис. 1), где представлены образцы замесов загущенной суспензии алюминиевой пудры при различной концентрации загустителя (агар-агара).

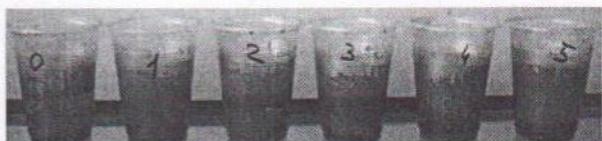


Рис. 1. Емкости с суспензией алюминий + агар-агар + вода
Fig. 1. Containers with a suspension of aluminum + agar-agar + water

Количество агар-агара:

- Стакан № 0 – 0 г (алюминий и вода).
- Стакан № 1 – 0,015 г.
- Стакан № 2 – 0,031 г.
- Стакан № 3 – 0,05 г.
- Стакан № 4 – 0,156 г.
- Стакан № 5 – 0,302 г.

Исследования показали, что использовать большее количество агар-агара (свыше 0,5 г) нецелесообразно, так как суспензия сильно теряет свойство текучести.

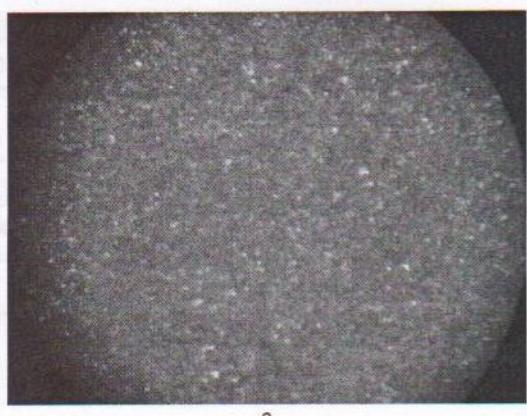
Эксперименты показали, что с увеличением количества вносимого в суспензию загустителя система образует стабильную вязкую текучую массу.

Проведенные эксперименты по получению водорода на основе смешения загущенной водной суспензии алюминия и раствора щелочи показали, что процесс выделения водорода стабилен, т.е. загуститель не влияет на скорость выделения водорода.

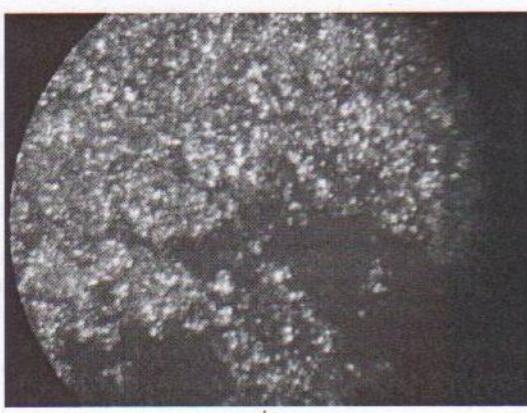
Таким образом, экспериментально подтвержден способ регулирования рабочего процесса в проточном реакторе непрерывного действия по линии подачи загущенной водной суспензии алюминия.

Результаты проведенных исследований по приготовлению загущенной водной суспензии алюминия можно успешно использовать в строительной сфере промышленности, например, в производстве газобетона, существенно сократив энергозатраты на приготовление водных суспензий алюминия.

На рис. 2 представлены фотографии под микроскопом: *a* – алюминиевый порошок в сухом виде; *b*, *c* – водные суспензии алюминия с разным количеством загустителя.



a



b



c

Рис. 2. Алюминиевый порошок под микроскопом:
a – сухой алюминий;

b – суспензия алюминия с 0,2 г агар-агара;

c – суспензия алюминия с 0,5 г агар-агара

Fig. 2. Aluminium powder under microscope:

a – dry aluminum;

b – suspension of aluminum (0.2 g of agar-agar);

c – suspension of aluminum (0.5 g of agar-agar)

Экспериментальные исследования проверки схемы проточного реактора водорода

Для исследования процесса работы проточного реактора водорода, в котором одновременно отводится водород и водные продукты реакции во время работы, была создана экспериментальная установка, представленная на рис. 3.

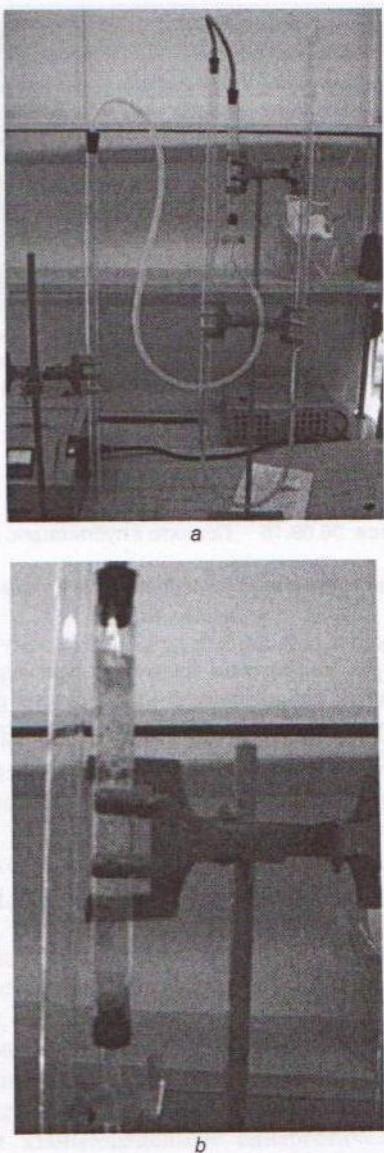


Рис. 3. Экспериментальная установка проверки схемы проточного реактора: а – перед работой; б – во время работы
Fig. 3. Experimental set for testing scheme flow reactor:
a – before work; b – during operation

Экспериментальная установка содержала проточный реактор, в котором в донной части установлен фильтр для удержания частиц алюминия. Реактор снабжен двумя магистралями. В верхней части реактора установлена магистраль отвода получаемого водорода, в нижней части – магистраль отвода водных продуктов реакции. Водород отводился в газосборник, а водная часть продуктов реакции – в водо-сборник. На магистрали отвода водных продуктов реакции установлен кран, с помощью которого регулировался расход отвода водных продуктов реакции.

В результате проведенных экспериментов получен устойчивый рабочий процесс получения водорода в схеме проточного реактора. Способ получения водорода запатентован [1, 2].

На основе полученных результатов разработан ряд проектов энергетических систем с водородным реактором непрерывного действия [3]: автономная энергетическая установка для аварийного энергообеспечения ретранслятора сотовой связи на основе водородного реактора непрерывного действия; энергоустановка с электрохимическим генератором; мобильная установка заправки систем охлаждения турбогенераторов водородом.

Выводы

1. Экспериментально проверена возможность получения устойчивой водной суспензии алюминия путем загущения на основе агар-агара.
2. Экспериментально проверена устойчивость рабочего процесса при использовании загущенной водной суспензии алюминия на основе агар-агара.
3. Экспериментально проверена устойчивость рабочего процесса схемы проточного водородного реактора.
4. Разработаны проекты энергоустановок с водородным реактором непрерывного действия.

Работа выполнена по теме № 7.5704.2011 Минобрнауки.

© спасибо

Международный издательский дом научной периодики "Спэйс"

Список литературы

1. Мокеев И.В., Терентьев Г.Ф. Моделирование рабочего процесса получения водородного топлива в системе «алюминий + раствор щелочи». «Ресурсо-энергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов»: 4-я Всерос. научно-практическая конференция, г. Волжский, 25-28 сентября 2012 г. // Сборник материалов конференции. Волжский: Филиал МЭИ в г. Волжском, 2012.
2. Патент РФ № RU 2545290. Способ получения водорода за счет гидролиза твердого реагента – алюминия в реакционном сосуде / В.С. Кузеванов; М.М. Султанов; Г.Ф. Терентьев; П.В. Шамигулов // 15.11.2013.
3. Патент РФ № RU 2553885. Генератор водорода / В.С. Кузеванов; М.М. Султанов; Г.Ф. Терентьев; П.В. Шамигулов // 15.11.2013.

References

1. Mokeev I.V., Terent'ev G.F. Modelirovaniye rabočego processa polučeniâ vodorodnogo topliva v sisteme «alûminij + rastvor šeloči». «Resurso-ènergosbereženie i èkologo-ènergetičeskâa bezopasnost' promyšlennyh gorodov»: 4-â Vseros. naučno-praktičeskâa konferenciâ, g. Volžskij, 25-28 sentâbrâ 2012 g. // Sbornik materialov konferencii. Volžskij: Filial MÈI v g. Volžskom, 2012.
2. Patent RF № RU 2545290. Sposob polučenija vodoroda za sčet hidroliza tverdogo reagenta – alûminiâ v reakcionnom sosude / V.S. Kuzevanov; M.M. Sultanov; G.F. Terent'ev; P.V. Šamigulov // 15.11.2013.
3. Patent RF № RU 2553885. Generator vodoroda / V.S. Kuzevanov; M.M. Sultanov; G.F. Terent'ev; P.V. Šamigulov // 15.11.2013.

Транслитерация по ISO 9:1995