

УДК: 621.039.533.6

## **Управляемый генератор водорода на базе гидронного химического источника тока**

Н.С. Огорокова, К.В. Пушкин

Авторы статьи выражают благодарность научным руководителям

к.х.н. Фармаковской А.А. и к.т.н. Севруку С.Д.

Аннотация: в работе приведены экспериментальные данные исследования электрохимических характеристик рабочих тел гидронного химического источника тока (ХИТ) с алюминиевым анодом методом вольтамперометрии. В работе впервые показано, что применение гибридной энергоустановки (ЭУ) “гидронный ХИТ + кислород-водородный топливный элемент ( $O_2/H_2$  ТЭ)” является эффективным и безопасным решением проблемы хранения водорода для автономных ЭУ на основе  $O_2/H_2$  ТЭ.

Ключевые слова: алюминий; анод; вода; водород; гидронный ХИТ; катализатор; катод; кислородно-водородные топливные элементы.

Уникальные физико-химические свойства водорода и практически неограниченные ресурсы его на нашей планете в составе воды позволяют в развитии энергетики делать ставку на водородные энергетические системы. Перспективность использования водорода в качестве источника энергии объясняется ещё и тем, что он является одним из немногих экологически чистых горючих, а это особенно важно сейчас, когда объём выбросов вредных веществ в атмосферу катастрофически увеличивается. В настоящее время наметилось два направления развития водородной энергетики: промышленная водородная энергетика и водородная энергетика специального назначения.

В рамках второго направления в настоящее время разрабатываются эффективные  $O_2/H_2$  ТЭ с ионообменными мембранами, по цене пригодные для широкого использования даже в бытовой технике.

На сегодняшний день  $O_2/H_2$  ТЭ имеет наилучшие энергетические характеристики среди всех известных ХИТ. Не смотря на то, что эти ТЭ известны уже достаточно давно, их высокие теоретически возможные удельные энергии с единицы массы топлива (кислород+водород) 119,0 МДж/кг (33,1 кВт·ч/кг) [1], термодинамический к.п.д. приближающийся к 100% [2] и экологическая чистота продукта реакции (вода), и на сегодняшний день обуславливают повышенный интерес к данному виду источников тока.

В наземных условиях работы  $O_2/H_2$  ТЭ кислород подается из воздуха атмосферы. В условиях отсутствия атмосферы, в космическом пространстве, кислород необходимо запасать.

Однако и в космосе проблемы с хранением кислорода не такие серьезные как проблемы, связанные с хранением водорода. Именно проблема хранения водорода для  $O_2/H_2$  ТЭ является самой актуальной сегодня.

Известно несколько способов хранения водорода: газобаллонное, криогенное и «связанное» [2,3].

При газобаллонном способе хранения (в газообразном состоянии под высоким давлением) энергомассовые характеристики установки в целом – существенно снижаются.

При хранении водорода в сжиженном состоянии (криогенное хранение) система хранения имеет высокую стоимость, обуславливаемую стоимостью криогенного оборудования, и жесткие технологические ограничения, что так же неудобно при использовании.

Кроме того, использование криогенного оборудования ограничивает применение ЭУ на основе  $O_2/H_2$  ТЭ в бытовых условиях, делая его нерентабельным и чересчур громоздким.

Оба способа хранения водорода, газобаллонный и криогенный, имеют высокую пожаро- и взрывоопасность, так как имеют дело непосредственно с чистым водородом – малейший дефект в системе хранения и вероятность получения гремучего газа (кислород-водород), а следовательно, и взрыва, резко возрастает.

Существуют способы получения водорода непосредственно на месте потребления - автономные установки генерирования водорода, например, с помощью металлов или других веществ, достаточно энергично выделяющих водород при взаимодействии с водными растворами.

Из металлов для получения водорода одним из наиболее перспективных является алюминий, так как он имеет сравнительно низкую стоимость (особенно технические сорта),

широкое промышленное производство, и, являясь амфотерным металлом, вытесняет водород как из воды (при определённых условиях), так и из водных растворов кислот, щелочей и солей.

Данный способ, так называемое связанное хранение водорода, является самым безопасным из известных на сегодняшний день способов хранения, так как чистый водород в системе появляется только по мере его необходимости, и сразу же потребляется в O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> ТЭ. До этого момента водород хранится в «связанном» состоянии в молекулах воды. Такая система хранения является менее требовательной к температурным режимам работы, которые очень актуальны для криогенных систем, точности их изготовления и надежности, так как вода, как растворы солей или щелочей, при утечке не взрывоопасны. Кроме того, в бытовых условиях такой способ может быть гораздо более удобен к применению, нежели предыдущие два.

По эффективности генерирования водорода на единицу массы рабочих тел, при взаимодействии металлов с водой, система «алюминий-вода» уступает лишь системам «гидрид лития-вода» и «литий-вода». Преимущество алюминия, по сравнению с другими системами и металлами состоит в том, что это, как уже было сказано, дешёвый, легкодоступный материал, экологически чистый, нетоксичный реагент, среди металлов самый распространённый в природе (8 мас. % земной коры).

В таблице 1 приведена оценка способов получения водорода при взаимодействии металлов и гидридов с водой по массовому расходу реагентов, рабочих тел, на получение одного моля (2 грамма) водорода.

Таблица 1.

Оценка способа получения водорода взаимодействии металлов с водой.

Реакция	Удельный расход реагентов г/(моль водорода)
Взаимодействие гидридов с водой	
$2 \text{LiH} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{LiOH} + 2 \text{H}_2\uparrow$	26
$\text{MgH}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2 \text{H}_2\uparrow$	31,15
$2 \text{AlH}_3 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 6 \text{H}_2\uparrow$	28
Взаимодействие металлов с водой	
$2 \text{Li} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{LiOH} + \text{H}_2\uparrow$	50
$2 \text{Na} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$	82
$\text{Mg} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}_2\uparrow$	60,3
$2 \text{Al} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3 \text{H}_2\uparrow$	54

Конечным продуктом реакции окисления алюминия в водной среде является гидроксид алюминия, который экологически абсолютно безопасен. Так как гидроксид алюминия является промежуточным продуктом при производстве металлического алюминия по способу Байера, то он легко может быть регенерирован до металла по существующей промышленной технологии. Кроме того, он представляет самостоятельную коммерческую ценность, так как в огромных количествах используется в различных отраслях промышленности от строительства до медицины. Таким образом, алюминий, по существу, является энергоносителем, что позволяет вести речь о возможности создания "водородно-алюминиевой энергетики" для распределённого энергоснабжения объектов, удалённых от энергосетей и независимых от них.

Водород для  $O_2/H_2$  ТЭ специального назначения (автономных ЭУ) можно получать, просто растворяя алюминий в воде, и такую реакцию можно проводить, например, в аппарате Киппа, однако скорость выделения водорода из воды в данном случае регулировать трудно.

Проводя ту же самую реакцию электрохимически в гидронном ХИТ с алюминиевым анодом, скорость выделения водорода из водного раствора возможно регулировать. Причем, кроме водорода в результате электрохимической реакции в гидронном ХИТ, возможно получать электрическую энергию за счёт частичного преобразования тепловой энергии, теряемой при прямом растворении алюминия в воде.

Гидронным такой ХИТ называют потому, что он образован электрохимической системой металл – вода. Его применение совместно с  $O_2/H_2$  ТЭ способно образовать гибридную ЭУ, состоящую из двух источников тока – гидронного ХИТ и  $O_2/H_2$  ТЭ [4].

В такой гибридной ЭУ (рисунок 1) гидронный ХИТ является одновременно и источником водорода для  $O_2/H_2$  ТЭ и источником тока, тем самым увеличивая энергетические характеристики гибридной ЭУ по сравнению с ЭУ, состоящей только из источника водорода и  $O_2/H_2$  ТЭ.

Из-за необратимости электродных процессов ввиду высокого перенапряжения выделения водорода на инертных катодах энергетические характеристики гидронного источника примерно в три раза ниже теоретических. Тем не менее, с его помощью можно увеличить полную энергоотдачу гибридной ЭУ.

Кроме того, гидронный ХИТ позволяет регулировать скорость выделения водорода, что имеет большое значение для работы  $O_2/H_2$  ТЭ по заданному режиму. С помощью гибридной ЭУ можно решить проблемы, связанные с использованием  $O_2/H_2$  ТЭ, такие как увеличение ресурса работы ТЭ, способность реализовать высокие энергетические характеристики, удобство в использовании в различных условиях, безопасность, простота замены компонентов, необходимых для её работы. Все, что требуется для такой установки после исчерпания ресурса – это смена анода и электролита в гидронном ХИТ по мере их расходования. Электролитом для гидронного ХИТ, как уже упоминалось, является водный раствор соли или щелочи, а анодом – и алюминиевый сплав. Эти рабочие тела являются широко распространенными, и имеют относительно низкую стоимость.

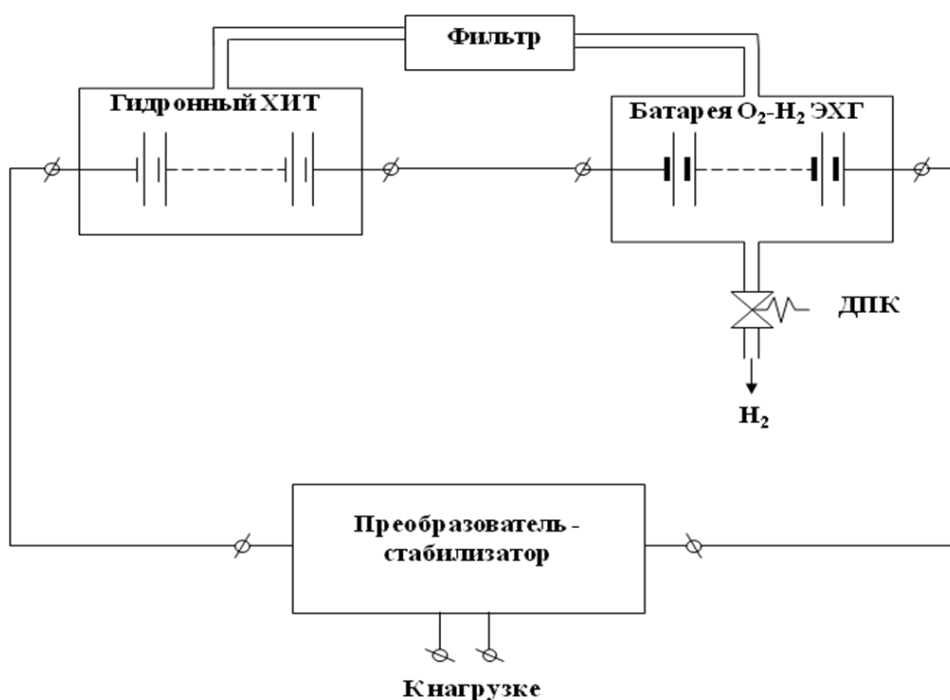


Рисунок 1. Схема гибридной установки, состоящей из гидронного ХИТ и  $O_2/H_2$  ТЭ.

В данной работе представлена часть экспериментальных исследований по улучшению характеристик гидронного ХИТ. Приведены результаты исследования электрохимических и коррозионных характеристик гидронного ХИТ с анодом из различных сплавов алюминия и катодами из различных металлов. Были исследованы как щелочные, так и солевые электролиты.

Электрохимические испытания гидронного ХИТ включали в себя получение вольтамперных и сопряженных коррозионных характеристик образцов анодных сплавов и катодных материалов в различных электролитах при разных температурах.

По результатам экспериментов был сделан выбор композиций рабочих тел и режимов работы гидронного ХИТ в качестве управляемого генератора водорода. Принципиальная схема гидронного ХИТ со щелочным электролитом приведена на рисунке 2. На рисунке показаны основные физико-химические процессы по месту их протекания.

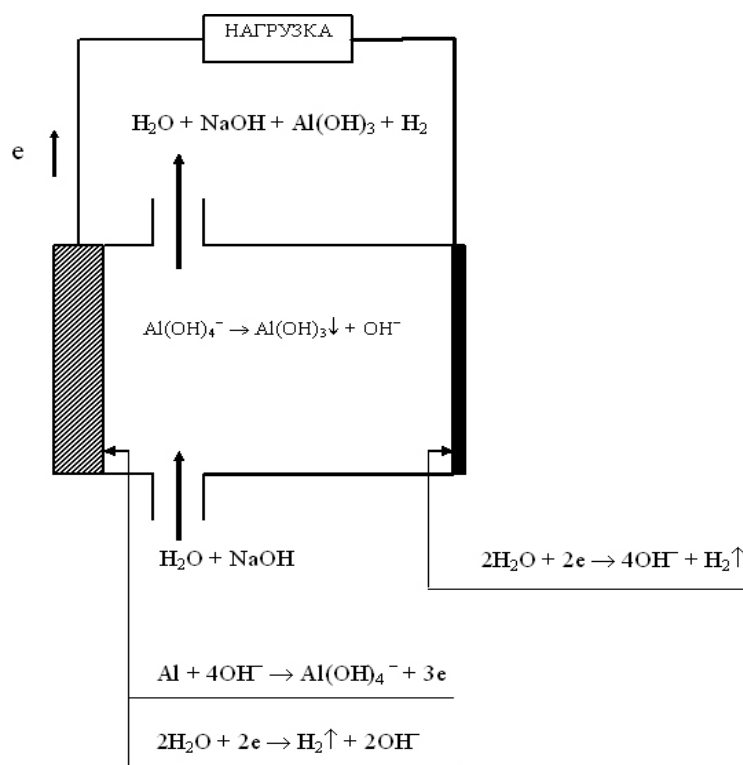


Рис. 2. Принципиальная схема гидронного источника тока с алюминиевым анодом и щелочным электролитом.

Процессы происходящие при работе гидронного ХИТ описаны нами ранее в [5,6]. Однако следует ещё раз отметить, что расходуемыми веществами в гидронном ХИТ являются алюминий и вода, а образуются при этом гидроксид алюминия и водород, сжигаемый затем в O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> ТЭ.

В настоящей работе в качестве анодов гидронного ХИТ были исследованы алюминий А99, промышленно выпускаемые протекторные алюминиевые сплавы АП4Н, АП2, АП3, а также специальный анодный сплав алюминия А995 с индием (0,6 мас. % In). Состав всех изученных сплавов приведен в таблице 2.

Катодами в гидронном ХИТ служили никель, молибден, нержавеющая сталь Х18Н10Т и сталь Ст3. В качестве электролитов использовались щелочные (4 М NaOH, чистый и с добавкой 0,06 моль/л Na<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub>) и солевой (4 М NaCl) растворы.

Экспериментальные результаты электрохимических измерений по снятию вольтамперных характеристик (ВАХ) алюминиевых анодов в 3-х исследованных электролитах представлены на рисунках 3-5.

Таблица 2.

Химический состав исследованных алюминиевых сплавов

		АП4Н	АП2	АП3	Al-In	A99
Алюминий	%	основа	основа	основа	основа	основа
Цинк	%	4-5	0,6-1,0	2,0-4,0	0,01	0,05
Индий	%	0,01-0,06	-	-	0,6	-
Цирконий	%	0,01-0,1	-	0,003-0,002	-	-
Олово	%	0,01-0,1	-	-	-	-
Марганец	%	-	0,01-0,2	-	-	-
Железо, max	%	0,1	0,1	0,12	0,015	0,03
Медь, max	%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,015
Кремний, max	%	0,1	0,1	0,1	-	-
Титан	%	-	-	-	0,01	0,002

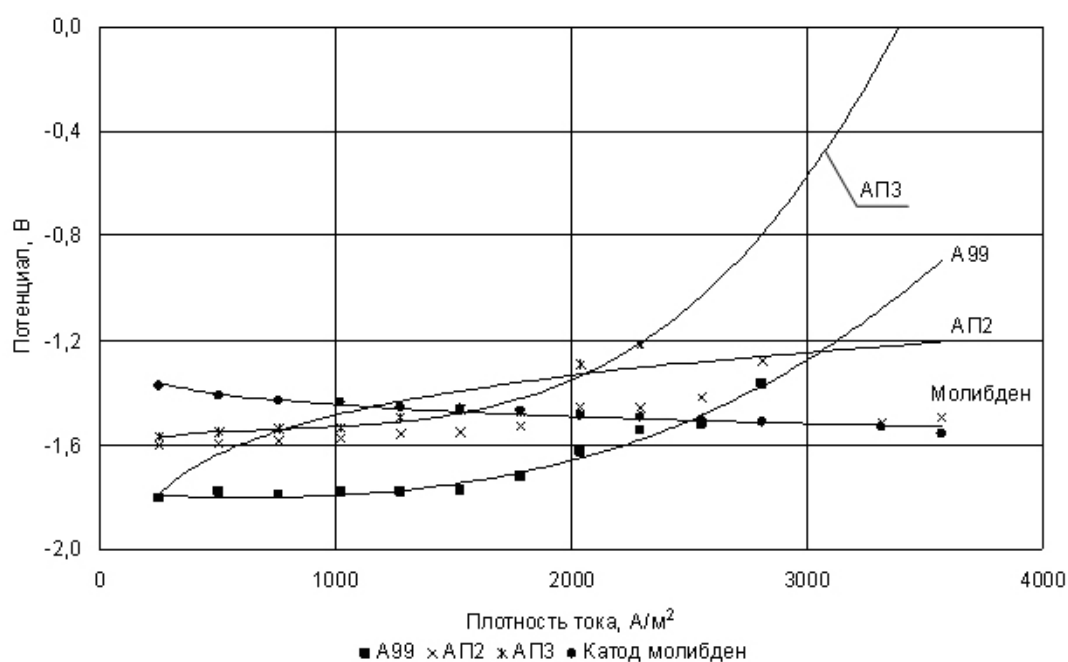


Рис. 3. Вольтамперные характеристики алюминиевых анодов в электролите 4М NaOH при температуре 333К.

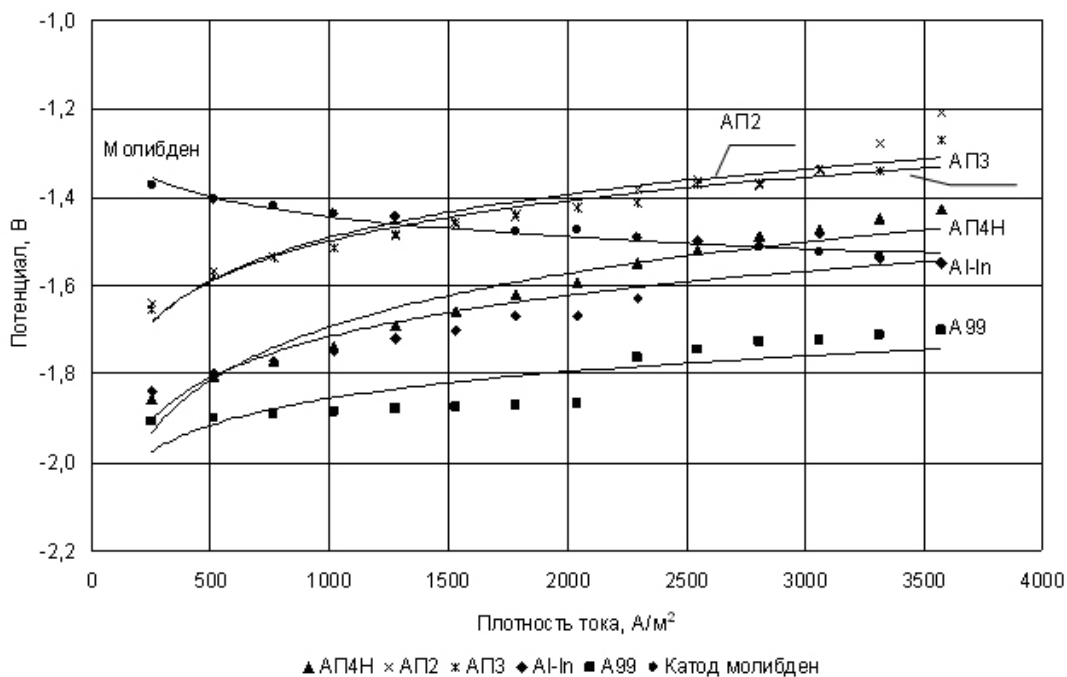


Рис. 4. Вольтамперные характеристики алюминиевых анодов в электролите 4М NaOH+0,06 М Na<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub> при температуре 333 К.

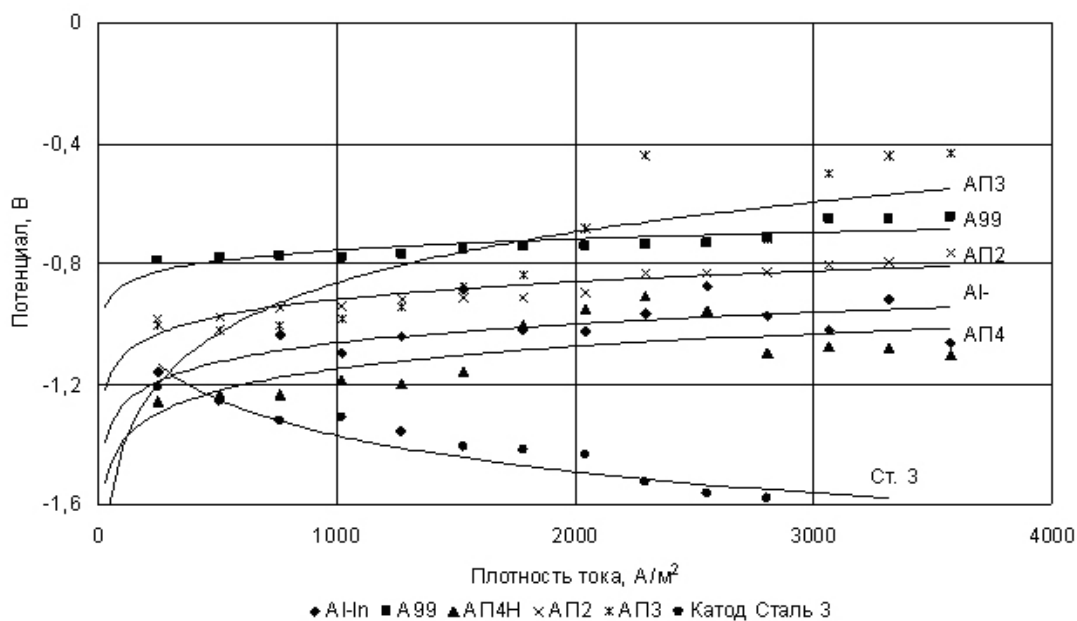


Рис. 5. Вольтамперные характеристики алюминиевых анодов в электролите 4М NaCl при температуре 333К.



ВАХ анодов для чисто щелочного электролита (рисунок 3) приведены только для 3-х из 5-и исследованных сплавов алюминия, так как активированный индием и цинком протекторный сплав АП4Н, а также сплав Al-In в щёлочи растворяются с бурным выделением водорода. В поляризационном отношении в 4 М растворе NaOH лучше всех проявил себя алюминий А99, его ВАХ имеет довольно слабый наклон, а потенциал при плотности тока  $3000 \text{ А/м}^2$  составляет величину  $-1,3 \text{ В}$ .

Использование щелочного электролита в гидронном ХИТ с алюминиевыми анодами из сплавов АП4Н и Al-In возможно, если использовать в качестве добавки, ингибирующей процесс коррозии алюминия, станнат натрия  $\text{Na}_2\text{SnO}_3$ . В таком электролите получены ВАХ всех пяти исследованных алюминиевых анодов (рисунок 4). В щёлочно-станнатном электролите все алюминиевые аноды в поляризационном отношении ведут себя очень похоже. Наклон их ВАХ незначителен, причём, как и в случае чистой щёлочи, лучшим образом ведёт себя анод из алюминия А99.

К качеству водорода, сжигаемого в  $\text{O}_2/\text{H}_2$  ТЭ, в зависимости от типа используемых мембран, часто предъявляются повышенные требования, в частности, недопустимо присутствие примесей щелочи, которая может содержаться в газе, если он получается в генераторе водорода со щёлочным электролитом. Поэтому была исследована работа алюминиевого гидронного ХИТ с нейтральным солевым электролитом - 4 М раствором NaCl.

Для этого электролита поляризационные кривые анодов из всех изученных алюминиевых сплавов приведены на рисунке 5. В растворе соли лучшая поляризационная характеристика у сплава АП4Н. Анодный сплав Al-In имеет близкие характеристики, но уступает сплаву АП4Н по величине поляризации. ВАХ этих сплавов практически параллельны оси тока, а вот алюминий А99 и сплавы АП2 и АП3 показывают довольно значительные поляризационные потери сразу же на малых плотностях тока (до  $\sim 250 \text{ А/м}^2$ ), а при более высоких токовых нагрузках уже практически не поляризуются.

Влияние тока нагрузки на плотность тока (скорость) коррозии алюминиевых анодов гидронного ХИТ со щелочным электролитом, показано на рисунке 6, из которого следует, что протекторные сплавы АП3 и АП2 в щёлочи корродируют с высокой скоростью, более стоек в щелочном электролите алюминий А99. Для всех сплавов наблюдается положительный дифференц-эффект, когда с ростом плотности тока разряда происходит уменьшение скорости коррозии.

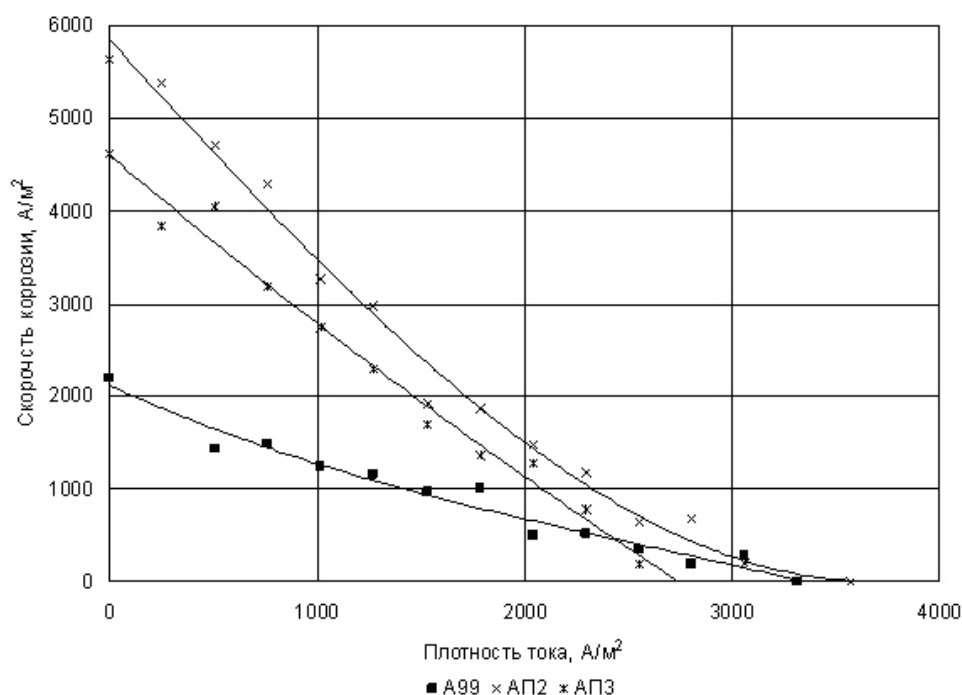


Рис. 6. Коррозионные характеристики алюминиевых анодов в электролите 4М NaOH при температуре 333К.

В щёлочно-станнатном электролите (4М NaOH + 0,06 М Na<sub>2</sub>SnO<sub>2</sub>), в котором скорость коррозии алюминия ингибируется добавкой ионов олова и для которого коррозионные характеристики алюминиевых анодов представлены на рисунке 7, напротив, энергичнее всего корродирует алюминий А99. Щелочная же коррозия протекторных сплавов и сплава Al-In в этом электролите в значительной мере подавлена. Для всех сплавов в этом электролите так же, как и в чистой щёлочи, характерен положительный дифференц-эффект, хотя выражен он менее явно.

В нейтральном солевом электролите дифференц-эффект отрицательный - с ростом тока разряда скорость коррозии алюминия увеличивается. Коррозионные характеристики исследованных алюминиевых анодов в электролите 4 М NaCl приведены на рисунке 8.

Они показывают, что скорость выделения водорода пропорциональна токовой нагрузке. Это позволяет легко регулировать её и получать необходимое количество водорода для последующего использования в O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> ТЭ.

Вольтамперные характеристики всех исследованных катодов приведены на рисунках 9-11.

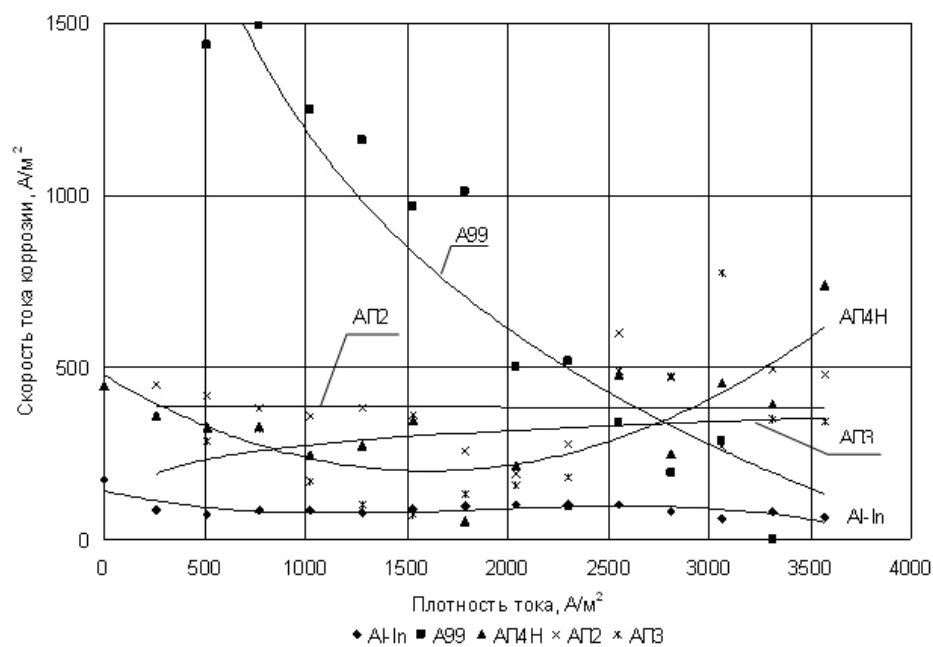


Рис. 7. Коррозионные характеристики алюминиевых анодов в электролите 4М NaOH+0,06 М Na<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub> при температуре 333 К.

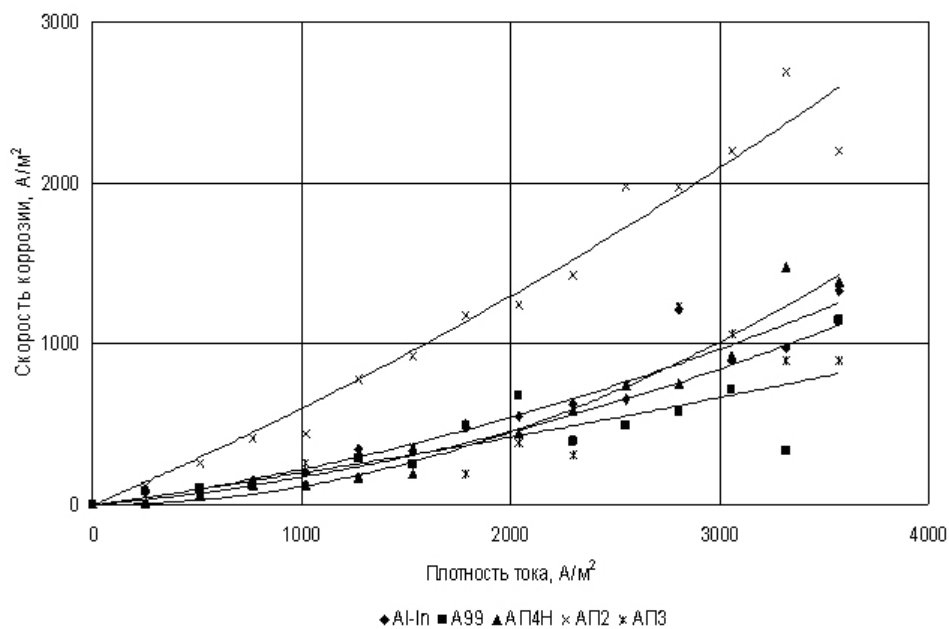


Рис. 8. Коррозионные характеристики алюминиевых анодов в электролите 4М NaCl при температуре 333К.

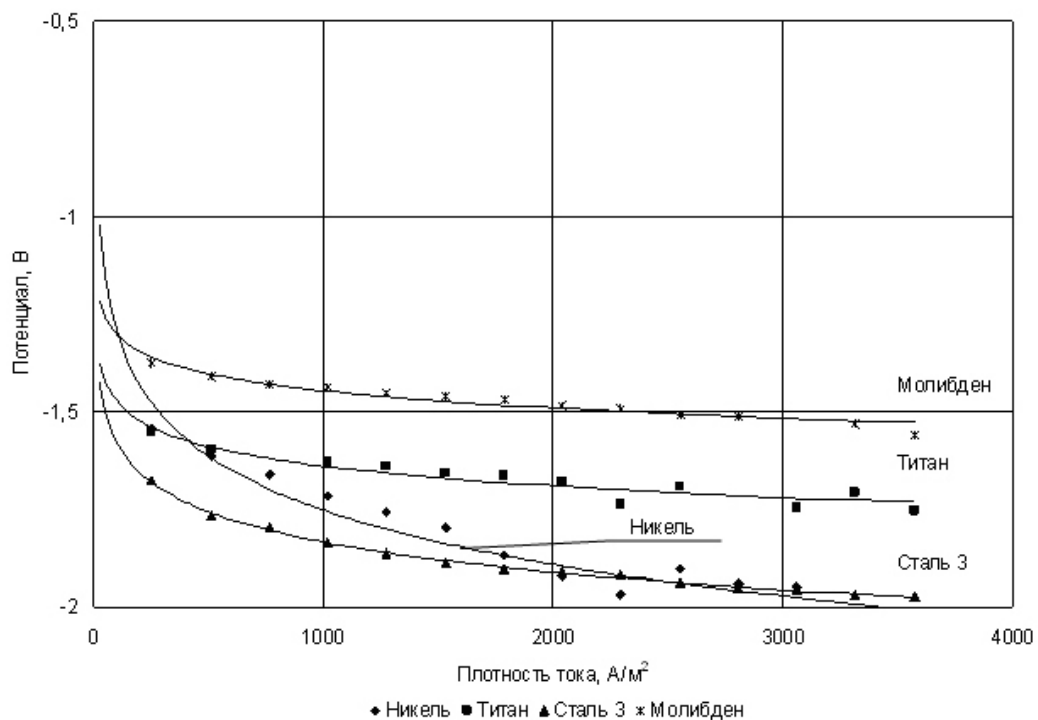


Рис. 9. Вольтамперные характеристики катодов в электролите 4М NaOH при температуре 333К.

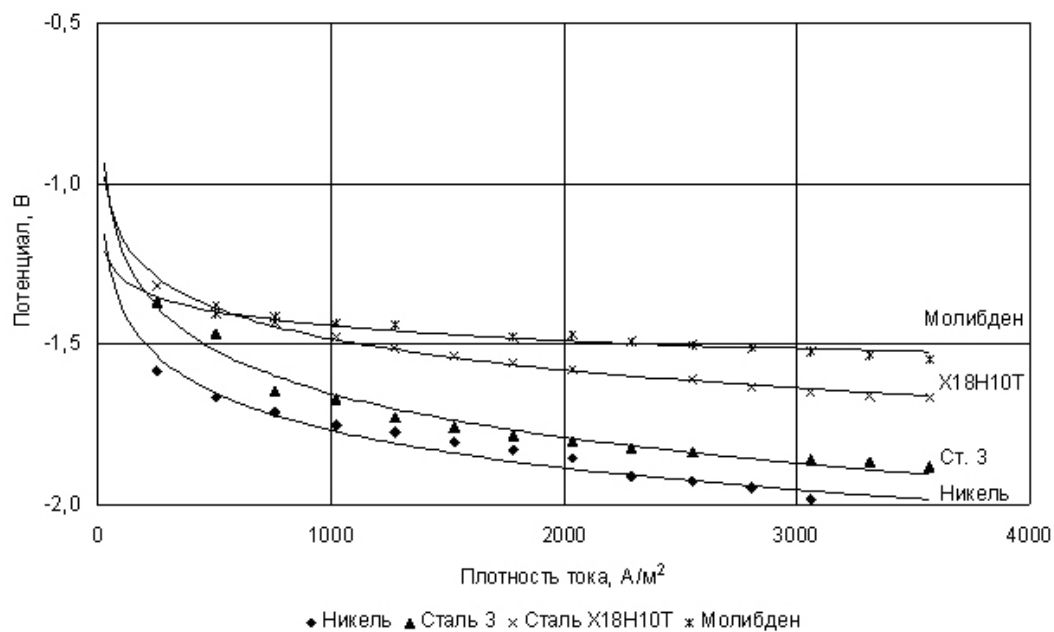


Рис. 10. Вольтамперные характеристики катодов в электролите 4М NaOH+0,06 М Na<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub> при температуре 333К.

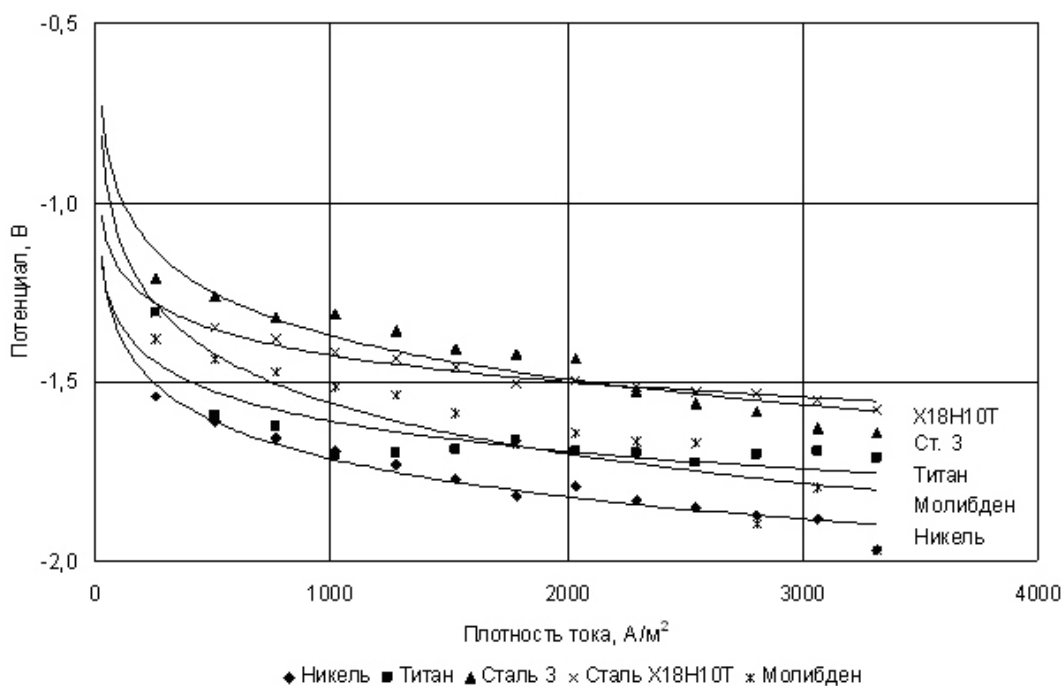


Рис. 11. Вольтамперные характеристики катодов в электролите 4М NaCl при температуре 333К.

Как следует из графиков, вид поляризационных кривых электродов из всех исследованных материалов подобен и слабо зависит от состава электролита. Все характеристики в полулогарифмических координатах с удовлетворительной точностью описываются уравнениями аналогичными уравнению Тафеля. Однако надо отметить, что все исследованные материалы имеют высокое перенапряжение выделения водорода, что сильно снижает эффективность гидронного ХИТ. В качестве катода надо выбирать материал с возможно более пологой поляризационной характеристикой, то есть с минимальной величиной перенапряжения выделения водорода. Из исследованных катодов в щелочных электролитах таким материалом является молибден, а в солевом – сталь 3.

Следует отметить, что при использовании нейтрального солевого электролита определённую проблему представляет твёрдый продукт реакции – гидроксид алюминия, который выпадает в осадок в виде геля. Этот осадок после окончания работы гидронного ХИТ должен быть удалён, по возможности, быстро. Дело в том, что при высыхании такого отработанного электролита в межэлектродном зазоре образуется монолит с хорошей адгезией к поверхности электродов и корпуса элемента. Высохший гель имеет большую механическую прочность и удаляется с очень большим трудом, обычно только растворением

в кислотах. Для борьбы с этим явлением существуют способы перевода гелеобразного продукта в более подходящую форму, исключающую образование прочного монолита [7-9].

Эффективность работы гидронного ХИТ как генератора водорода для  $O_2/H_2$  ТЭ можно оценить по удельной скорости выделения водорода в результате двух реакций его образования: коррозии алюминиевого анода и электрохимической реакции восстановления водорода из воды на нейтральном катоде. Зависимость скорости генерирования водорода от плотности тока гидронного источника показаны на рисунках 12-14. В чисто щелочном электролите (рисунок 12) зависимость скорости выделения водорода от тока разряда для сплавов АП2 и АП3 имеет минимум, что делает невозможным создание управляемого генератора водорода с их использованием. Алюминий А99 использовать можно, но он имеет слишком высокое газовыделение на малых нагрузках. В связи с этим представляется, что в гидронном ХИТ целесообразно использовать либо щелочно-станнатный, либо солевой электролиты.

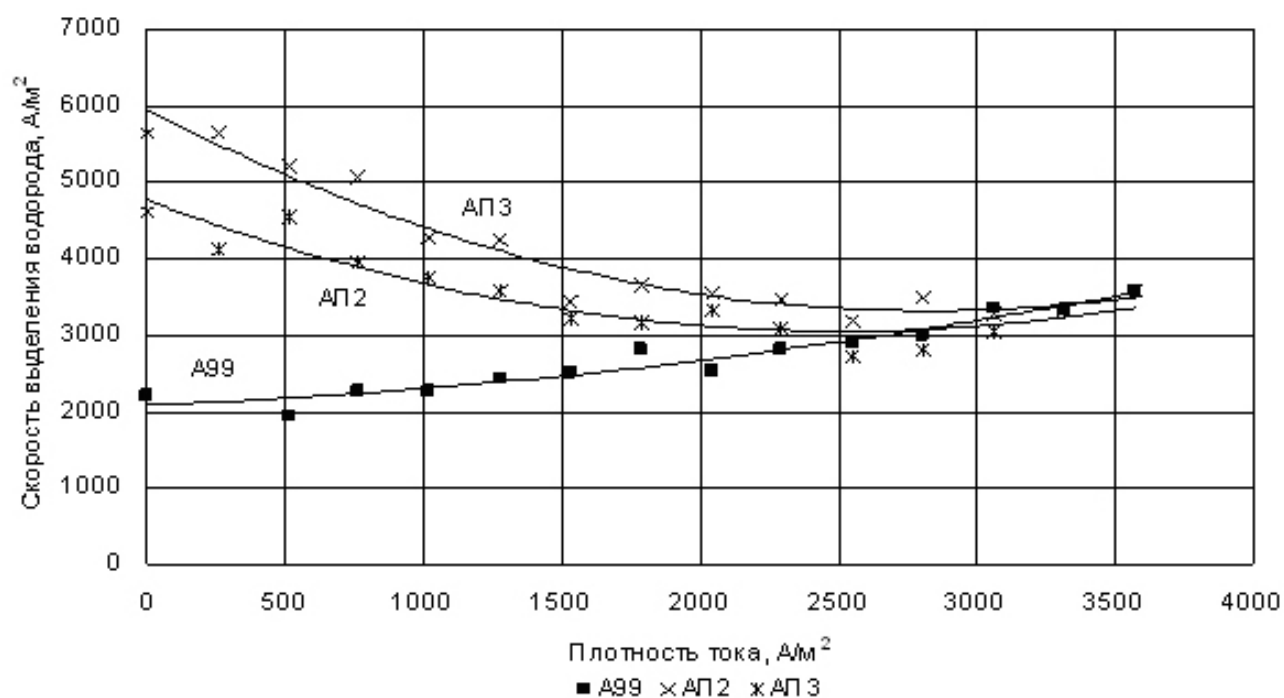


Рис. 12. Зависимость скорости генерирования водорода от плотности тока разряда гидронного источника тока с электролитом 4М NaOH при температуре 333 К.

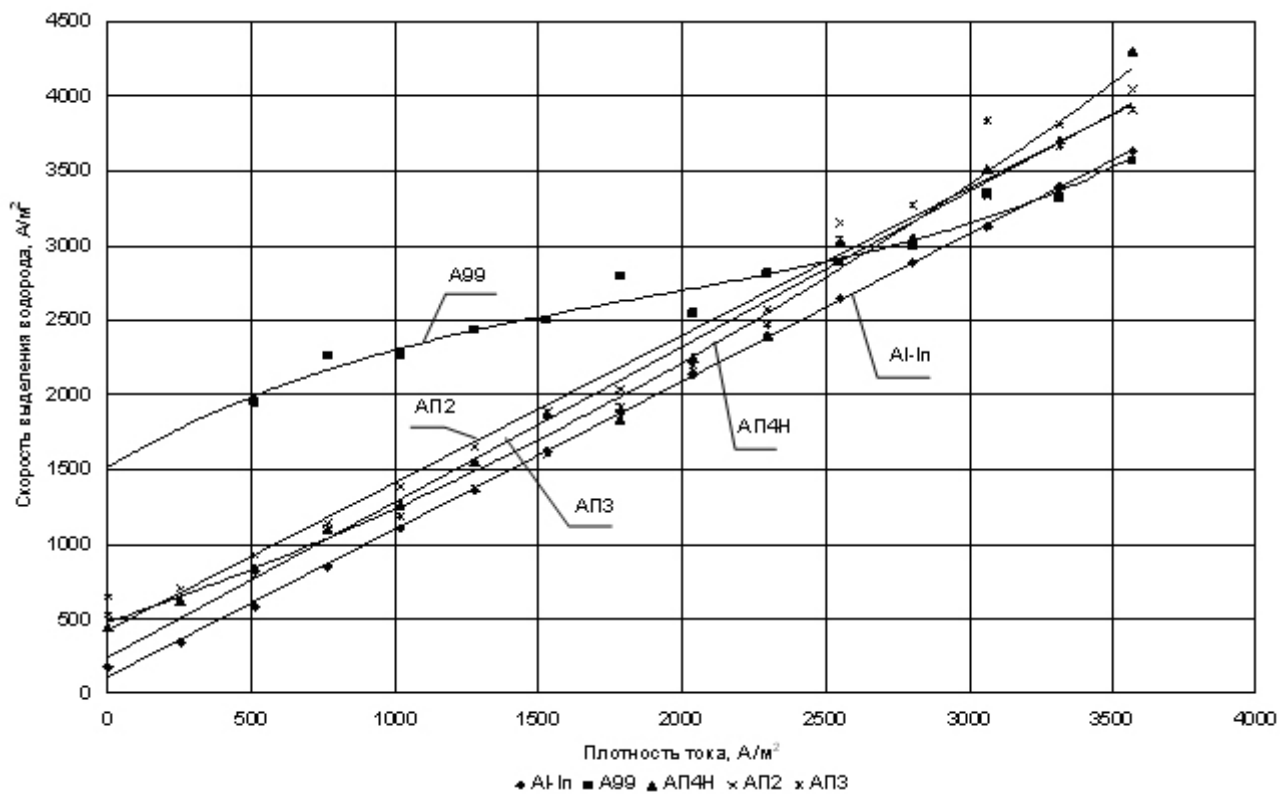


Рис. 13. Зависимость скорости генерирования водорода от плотности тока разряда гидронного источника тока с электролитом 4М NaOH+0,06 М Na<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub> при температуре 333 К.

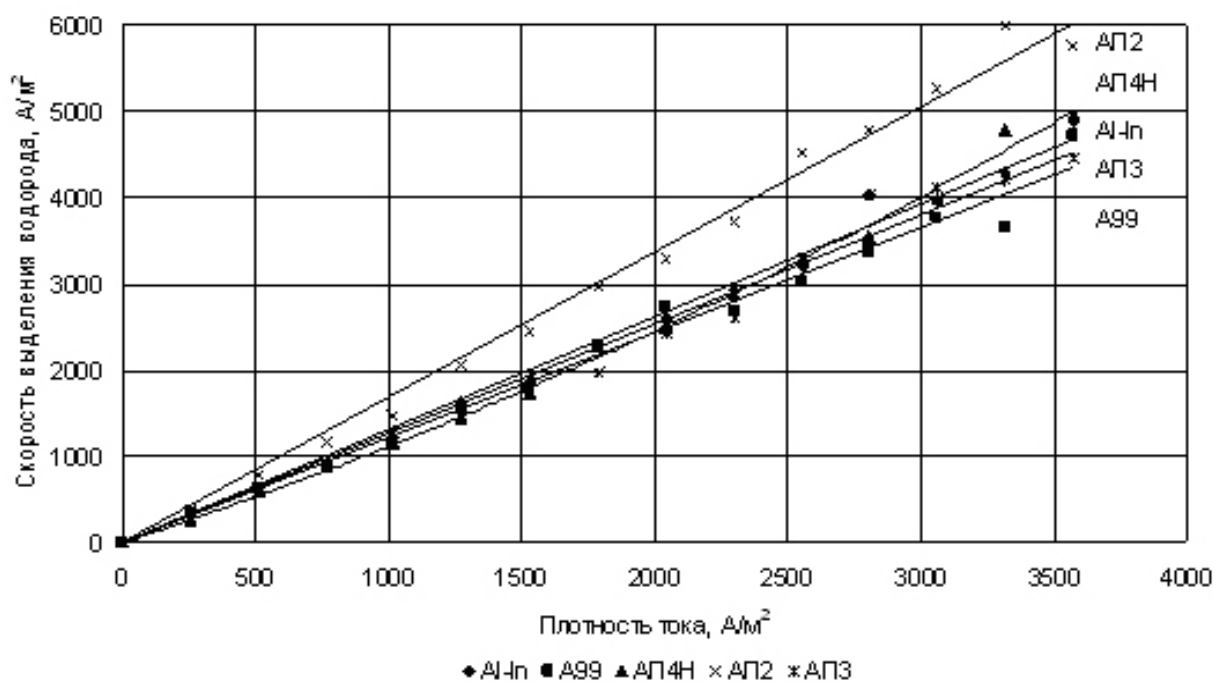


Рис. 14. Зависимость скорости генерирования водорода от плотности тока разряда гидронного источника тока с электролитом 4М NaCl при температуре 333 К.

По результатам совместной оценки полученных поляризационных и коррозионных характеристик исследованных анодных и катодных материалов лучшей композицией рабочих тел для гидронного ХИТ с электролитом 4 М NaOH + 0,06 М Na<sub>2</sub>SnO<sub>2</sub> является молибденовый катод и анод из сплава Al-In. Близким комплексом свойств обладает протекторный сплав АП4Н. Для этой композиции, как следует из рисунка 4, на котором приведена и ВАХ молибденового катода, диапазон плотностей тока, на котором возможна работа гидронного ХИТ, как источника тока возрастает до 3500-4000 А/м<sup>2</sup>. Так, на плотности тока разряда 3500 А/м<sup>2</sup> суммарная скорость выделения водорода для Al-In сплава, как это следует из данных, представленных на рисунке 13, составляет величину 3500 А/м<sup>2</sup>.

Гидронный ХИТ с соевым электролитом из-за высоких поляризационных потерь на катодах может работать в режиме источника тока только на малых плотностях тока (режим короткого замыкания 300-500 А/м<sup>2</sup>), что приводит к большим габаритам генератора водорода. Расширить диапазон плотностей тока представляется возможным при использовании в качестве катодов каталитически активных электродов, например, платинированных металлов.

Для солевого электролита лучшей композицией рабочих тел для гидронного ХИТ является катод из стали Ст.3 и анод из протекторного сплава АП4Н.

Таким образом, в настоящей работе показано, что на базе гидронного ХИТ можно создать генератор водорода с широким диапазоном скоростей выделения водорода. Так же экспериментально определены оптимальные композиции рабочих тел (анод – электролит – катод) для гидронного ХИТ.

Установлено, что в гидронном ХИТ скорость выделения водорода практически линейно зависит от протекающего в нём тока разряда в обоих типах электролита.

Энергетические характеристики гидронного ХИТ со щёлочным электролитом значительно выше, чем с соевым.

Так же в работе показано, что из-за высоких поляризационных потерь гидронный ХИТ с исследованными анодными и катодными материалами, и соевым электролитом может работать как источник тока только на малых плотностях тока разряда (режим короткого замыкания 250-300 А/м<sup>2</sup>), что может приводить к большим габаритам генератора водорода, тем самым ухудшая энергомассовые и габаритные характеристики гибридной ЭУ в целом. Расширить диапазон плотностей тока разряда в соевом электролите представляется возможным при использовании в качестве катодов платинированных металлов, например,



титана или чистой платины, а также новых каталитически активных наноструктурированных катодов. Но это требует дополнительного экспериментального подтверждения. Однако, использование именно солевого электролита может оказаться предпочтительным из-за чувствительности ионно-обменных мембран  $O_2/H_2$  ТЭ к возможным примесям щёлочи в генерируемом водороде.

В работе впервые показано, что применение гибридной ЭУ “гидронный ХИТ +  $O_2/H_2$  ТЭ” является эффективным и безопасным решением проблемы хранения водорода для автономных ЭУ на основе  $O_2/H_2$  ТЭ. Применение гибридной ЭУ целесообразно не только в наземных условиях, но и весьма перспективно в космических.

### Библиографический список

1. Л. Л. Ключкова Рабочие тела энергосиловых установок летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1984.
2. Квасников Л.А., Латышев Л.А., Пономарев-Степной Н.Н., Севрук Д.Д., Тихонов В.Б. Теория и расчёт энергосиловых установок космических летательных аппаратов: Учебник. – М.: изд. МАИ, 2001.
3. Лидоренко Н.С., Мучник Г.Ф. Электрохимические генераторы. – М.: Энергоиздат, 1982.
4. Н.С. Огорокова, К.В. Пушкин, С.Д. Севрук, А.А. Фармаковская «Комбинированный источник тока» патент на полезную модель №105528. Приоритет полезной модели от 24 декабря 2010 года.
5. Огорокова Н.С., Пушкин К.В., Севрук С.Д., Фармаковская А.А. Влияние состава алюминиевого анода гидронного источника тока на эффективность его работы в режиме генератора водорода // Вестник Московского авиационного института, 2011, т. 18, № 3, с. 65-73.
6. Кравченко Л.Л., Огорокова Н.С., Пушкин К.В., Севрук С.Д., Фармаковская А.А. Влияние свойств катода гидронного источника тока с алюминиевым анодом на эффективность его работы в режиме генератора водорода // Вестник Московского авиационного института, 2011, т. 18, № 3, с. 74-81.
7. В.В. Скорчеллетти Теоретические основы коррозии металлов. Л., «Химия», 1973.

8. Патент РФ, МКИ<sup>6</sup> Н 01 М 12/06. Электролит для металло-воздушного химического источника тока. / Данилов В.П., Клочкова Л.Л., Севрук С.Д., Соломченко Н.Я., Фармаковская А.А. (РФ), № 2095894, 1997. Приоритет от 29.12.93.

9. Патент РФ, МКИ<sup>6</sup> Н 01 М 12/06 (10/26). Электролит для кислородно (воздушно)-металлического химического источника тока. / Гуськова Г.И., Кулаков Е.Б., Севрук С.Д., Фармаковская А.А. - Патент РФ № 2106723, 1998. Приоритет от 30.09.96.

#### **Сведения об авторах**

Огорокова Надежда Сергеевна, аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета); тел. (499)158-41-29, e-mail: [ok.nadezhda@mail.ru](mailto:ok.nadezhda@mail.ru);

Пушкин Константин Валерьевич, студент Московского авиационного института (национального исследовательского университета); тел. (499)158-48-58, e-mail: [konstantin-val@yandex.ru](mailto:konstantin-val@yandex.ru);