

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Звягинцева А.В., Артемьева А.О. (Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия)

E-mail: zvygincevaav@mail.ru, nastya.art.94@mail.ru

Abstract: The paper discusses the energy performance of hydride systems for hydrogen storage. A review of the physico-chemical properties of hydrogen compared to organic fuels. Analyzed the possibility of using hydrogen battery based on electrochemical systems for unmanned aerial vehicles (UAVs). As the base was used a Nickel as a material having a greater tendency to absorb hydrogen. The resulting system is close-Packed, which allows you to create a small sample with a commercial norm of saturated hydrogen (8-10 %).

Key words: hydrogen battery, energy carriers, fossil fuels, calorific value, energy content.

Обзор литературы [1-6] показывает, что ученые всего мира сходятся в своих убеждениях, что альтернативным видом топлива должен стать водород уже в ближайшей перспективе. Однако следует отметить, что водород не является энергетическим источником в прямом смысле слова, поскольку в природе в свободном виде он практически отсутствует. Водородное топливо (как и электроэнергия) представляется вторичным энергетическим источником, получаемым в результате преобразования имеющихся видов первичных энергетических ресурсов органического топлива, возобновляемых источников и атомной энергии. В то же время в водородной форме энергия легко храниться и транспортируется, и может доводиться до потребителя в нужном месте и желаемое время.

Остановимся на основных характеристиках и свойствах водорода, делающих его перспективным топливом будущего. Охлажденный до жидкого состояния водород занимает 1/700 объема газообразного состояния. Удельная весовая теплотворная способность жидкого водорода составляет 120, 7 ГДж/ почти в 3 раза превышает удельное энергосодержание нефтяных топлив. Это одна из причин, по которым жидкий водород используется, как топливо для ракет, где высокое удельное энергосодержание на единицу массы имеет первостепенное значение. В табл. 1 приведено сопоставление уровней энергосодержания водорода и ряда альтернативных топлив, результаты которого наглядно демонстрируют его высокий энергетический потенциал.

Таблица 1 - Энергетическое содержание водорода и ряда альтернативных топлив

	Сопоставление энергетического содержания	
	1 литр жидкого водорода	1 галлон жидкого водорода
Бензин	0,279	1,06
Бензин	0, 0737	0, 279
Дизельное топливо	0,221	0,837
Дизельное топливо	0,0584	221
Метанол	0,536	2,03
Метанол	0,142	0,535
Пропан	99,05	371,4
Керосин	0,227	0,86
Керосин	0,06	0,227

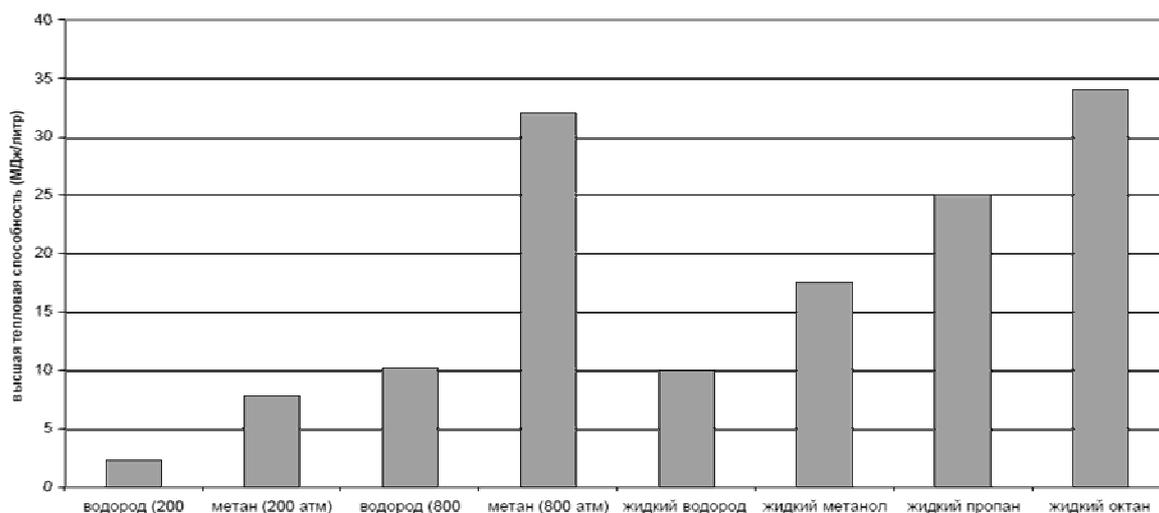


Рис. 1. Высшая теплотворная способность водорода и ряда альтернативных топлив

Абсолютные показатели удельной объемной теплотворной (высшей) способности водорода в газообразном состоянии и ряда альтернативных топлив представлены на рис. 1. В газообразном состоянии при любом давлении, как следует, на рис. 1 водород содержит меньше энергии на единицу объема, чем метан (природный газ), метанол, пропан или октан (бензин). При давлении 800 атмосфер газообразный водород практически сравнивается с жидким водородом по показателю энергетического содержания на единицу объема, однако, уступает величине соответствующего показателя для метана 3,2 раза, и жидких метанола – в 1,7 раза, пропана – в 2,5 раза и октана – в 3,8 раза. При давлении в 800 атмосфер, или в жидком состоянии водород должен храниться в высокотехнологичных танках, или криогенных контейнерах, тогда как при хранении альтернативных жидких топлив, рассмотренных на рис. 1 – можно применить обычные контейнеры при атмосферном давлении.

Водород является экологически чистым топливом. При его сжижении не образуются парниковые газы и другие, вредные для окружающей среды вещества и соединения, и не нарушается круговорот воды в природе. По причине высокой летучести отсутствует и опасность образования застойных зон водорода. Энергия воспламенения водорода в 15 раз меньше, чем для бензина, а минимальная скорость распространения фронта пламени при сжигании водорода в 8 раз больше по сравнению с углеводородами, а излучение пламени в 10 раз меньше по сравнению с пламенем углеводородов.

Создание компактных, экономичных и безопасных емкостей и методов хранения водорода является одной из важнейших задач, решение которой в значительной степени может способствовать ускорению процесса рыночной коммерциализации водородной энергетики в целом.

Водород может храниться в качестве дискретного газа, в жидком состоянии, или в химическом соединении. Существующие технологии позволяют физическое хранение, транспортировку и распределение водорода среди конечных потребителей в газообразном или жидком состоянии танках или по трубопроводным системам. Наиболее развитой на сегодня является технология хранения сжатого под давлением водорода в танках, в баллонах на транспортных средствах при низкой температуре. Основными проблемами для данного вида хранения водорода являются большие размеры хранилищ и их вес (материалоемкость), что удорожает процесс хранения.

Хранение водорода в жидком состоянии требует значительно меньших объемов хранилищ. Однако делает необходимым использование специальных криогенных контейнеров. Процесс сжижения водорода является энергоемким. По оценкам специалистов на его осуществление уходит около 1/3 энергетического содержания исходного объема водорода.

Потенциально более эффективно хранить водород в гидридах. В настоящее время разрабатываются системы хранения водорода на основе гидридов металлов. Некоторые металлические сплавы типа Mg-Ni, Mg-Cu и Fe-Ti сплавы поглощают водород в относительно больших количествах, и освобождают его при нагреве. Гидриды, однако, хранят водород с относительно небольшой плотностью энергии на единицу веса, а процессы их заправки идут достаточно медленно.

Цель проводимых исследований – создать состав, который будет запасать существенное количество водорода с высокой плотностью энергии, легко освобождать его и быть рентабельным.

Характеристики наиболее перспективных гидридных систем приведены в таблице 2. Наиболее привлекательным представляется применение гидрида магния, аккумулирующего на литр объема около 100 г водорода, и имеющего наиболее высокие показатели среди гидридных систем показатели весовой и объемной энергетической плотности.

Таблица 2 -Энергетические показатели гидридных систем для хранения водорода

Среда	Содержание водорода, кг/кг	Способность аккумулирования водорода, кг/л объема	Весовая плотность энергии веса, кДж/кг	Объемная плотность энергии, кДж/л
MgH ₂	0,070	0,101	9,933	14,330
Mg ₂ NiH ₄	0,0316	0,081	4,484	11,494
VH ₂	0,0207	-	3,831	-
FeTiH _{1,95}	0,0175	0,096	2,483	13,620
TiFe _{0,7} Mn _{0,2} H _{1,9}	0,0172	0,090	2,440	12,770
LaNi ₅ H _{7,0}	0,0137	0,089	1,944	12,630
R.E.Ni ₅ H _{6,5}	0,0135	0,090	1,915	12,770

Решение проблемы создания высокоэффективных вторичных источников энергии на основе трансформации из альтернативных источников позволит обеспечить их широкое народнохозяйственное использование практически во всех отраслях современной жизнедеятельности человека: для замены габаритных, тяжелых и экологически опасных аккумуляторных батарей и кратко действующих гальванических элементов питания; для длительного жизнеобеспечения человека в труднодоступных и непригодных местах, например, на космических станциях или подводных лодках; для разрешения множества проблем министерства обороны и структур МЧС (например, быстрого развертывания и обеспечения длительного автономного функционирования подразделений). Одно из возможных применений водорода в качестве энергетического носителя это беспилотные летательные аппараты.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) широко используются МЧС как многоцелевые устройства, в частности, - для управления спасательными службами в кризисных ситуациях с целью передачи и получения оперативной информации по цифровому радиоканалу с борта. В случае антропогенных и природных катастроф

БПЛА может стать незаменимым инструментом, обеспечивающим наблюдение, контроль и оценку и оперативной обстановки. Использование БПЛА трудно переоценить при выполнении сложных операций, когда присутствие человека может быть опасным для его здоровья и представляет угрозу для жизни. К числу таких работ можно отнести:

- беспилотный дистанционный мониторинг лесных массивов с целью обнаружения лесных пожаров;
- мониторинг и передача по радиоактивному и химическому загрязнению местности и воздушного пространства в заданном районе;
- инженерная разведка районов наводнений, землетрясений и других стихийных бедствий;
- обнаружение и мониторинг ледовых заторов и разлива рек;
- мониторинг состояния транспортных магистралей, нефте- и газопроводов, линий электропередач и других объектов;
- экологический мониторинг водных акваторий и береговой линии;
- определение точных границ районов ЧС и пострадавших объектов.

На данный момент используют:

- БПЛА с электродвигателем, питающимся от аккумуляторных батарей (технические возможности: около часа работы в воздухе, взлетная масса порядка 0,25–6,5 кг, размах крыла в пределах 0,7–2,7 метра);
- БПЛА с бензиновым двигателем класса "Птеро" (технические возможности: взлетная масса 20 кг, масса полезной нагрузки - 5 кг, время полета - 8 час, дальность полета - 800 км, скорость - 85-145 км/ч.);
- БПЛА с электродвигателем и топливным элементом (8-10 часов работы в воздухе).

Вышеперечисленные БПЛА обладают целым рядом недостатков, к примеру, бензиновые двигатели создают шум, помехи, вибрацию, повышенную пожароопасность, а электродвигатели по техническим характеристикам имеют существенные ограничения, связанные со значительной массой и невысокой энергоемкостью аккумуляторов.

Ликвидация недостатков отечественных и зарубежных аналогов летательных аппаратов - проблема интернациональная. Основная задача – увеличение продолжительности полета БПЛА без существенного роста его габаритов и массы, и при существенном сокращении шумо-помехового уровня. Учёными нашего университета разрабатывается проект, техническим результатом которого ожидается создание удобного в эксплуатации, компактного и экологически чистого аккумулятора водорода, который можно использовать как для БПЛА, так и в качестве автономных источников энергии с потребной мощностью до 1кВт.

В процессе проведённых нами исследований мы показали на возможность получения на основе никеля функциональных материалов, для применения их в качестве накопителей водорода следующими способами:

1. Путём формирования мелкокристаллической структуры металла и сплава с оптимальной степенью дефектности, которая была получена электрохимическим методом с использованием в качестве нанообразующих добавок - бора. Полученные таким способом системы $Ni_xV_yH_z$, в которых, варьируя содержанием примеси – бором, можно увеличить содержание включаемого водорода до 3% вес. водорода без допирования их водородом.

2. Путём дополнительного введения методом ионной имплантации изотопа водорода дейтерия в металлическую никелевую матрицу. Синтезирована электрохимическая система, например, $Ni_xIn_yH_z$, композит с фазовым составом $Ni_{70}In_{30}$,

имеющий структуру, способную удерживать допированный водород, а также проводить последующую термодесорбцию водорода. Полученные нами образцы имели площадь $0,24 \text{ дм}^2$ и толщину 8 мкм. По геометрической форме это - лента, однако, существует возможность ее преобразовать в любую другую форму (рис. 2). Также они существенно улучшают такие характеристики, как:

- экологичность, сократятся выбросы в атмосферу;
- компактность, что позволит улучшить весогабаритные характеристики БПЛА;
- безопасность, в частности, пожаробезопасность, присущую БПЛА с бензиновым двигателем.



Рис. 2. Размеры образца, насыщенного водородом, электрохимическим методом

Работа выполнена на основе гранта по программе У.М.Н.И.К. 2015, полученного от Федерального государственного бюджетного учреждения «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям).

Список литературы: 1. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. Справ. изд. /Д.Ю. Гамбург, В.П. Семенов, Н.Ф. Дубовкин, Л.Н. Смирнов; Под ред. Д.Ю. Гамбурга, Н.Ф. Дубовкина. М.: Химия, 1989. 672 с. 2. Пономарев - Степной Н.Н., Столяревский А.Я. Атомно-водородная энергетика – пути развития. Энергия, 2004, №1. – С. 3-9. 3. Шпильрайн Э. Э. и др. Введение в водородную энергетику /Э.Э.Шпильрайн, С.П. Малышенко, Г.Г.Кулешов; Под ред. В.А.Легасова. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 264 с. 4. Звягинцева А.В. Температурные интервалы десорбции дейтерия из Ni-In композитов [Текст] /А.В. Звягинцева, А.Н. Морозов, И.М. Кирьян //Взаимодействие изотопов водорода с конструкционными материалами. IHISM'14. Сборник докладов Пятой Международной конференции и Девятой Международной школы молодых ученых и специалистов им. А.А. Курдюмова /Под ред. Д-ра техн. наук А.А. Юхимчука. Саров: ФГУП «РФЯЦ–ВНИИЭФ», 2015. С. 106-119. 5. Zvyagintceva A.V., Shalimov Y.N. Laws of diffusion of hydrogen in electrolytic alloys on the basis of nickel. «Carbon Nanomaterials in Clean Energy Hydrogen Systems» Yalta, Ukraine. 2010. с. 34 – 36. 6. Zvyagintceva A.V. Increase of solubility of hydrogen of in electrolytic alloys Ni – В. «Carbon Nanomaterials in Clean Energy Hydrogen Systems» Yalta, Ukraine. 2010. с. 48 – 51.