

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **045052**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2023.10.27**

**(21)** Номер заявки  
**202191675**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2010.01.27**

**(51)** Int. Cl. **B60S 5/02** (2006.01)  
**B60K 15/03** (2006.01)  
**C01B 3/06** (2006.01)

---

**(54) СПОСОБ, УСТРОЙСТВО И ТОПЛИВО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА**

---

**(31)** 1036471; 1037461; 1037618

**(32)** 2009.01.27; 2009.11.11; 2010.01.11

**(33)** NL

**(43)** 2022.02.02

**(62)** 201790053; 2010.01.27

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ЭЙЧ2ФЬЮЭЛ-СИСТЕМ Б.В. (NL)**

**(72)** Изобретатель:  
**Люггигхейд Герардус Вильгельмус (NL)**

**(74)** Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

**(56)** WO-A1-02066369  
MCCLAIN AW; ET AL: "Hydrogen Transmission/Storage with metal hydride-organic slurry and advanced chemical hydrides/hydrogen for PEMFC vehicles" PROCEEDINGS OF DOE HYDROGEN PROGRAM REVIEW, XX, XX, 9 May 2000 (2000-05-09), pages 1-14, XP002365768 the whole document

BREAULT R W; ROLFE J; MCCLAIN A: "HYDROGEN TRANSMISSION/STORAGE WITH A CHEMICAL HYDRIDE/ORGANIC SLURRY" PROCEEDINGS OF CANADIAN HYDROGEN CONFERENCE, XX, XX, vol. SESSION 06, no. 5, 1 January 1999 (1999-01-01), pages 393-402, XP009061089 the whole document

US-A-3346506

V. Tegeder, C. Tegeder: "Thermoelectric city" In: "ULLMANN'S ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY" 2005, Wiley\_VCH Verlag, Weinheim, XP002588641 page 6

EP-A2-1375419

WO-A1-0185606

**(57)** Обеспечивается способ и устройство для производства водорода, в которых возможно мгновенное выделение водорода в значительном количестве. Способ включает одну или две стадии смешивания, включающие введение топлива и активирующей жидкости в реакционную камеру. Устройство пригодно для эксплуатации в соответствии с данным способом. Кроме того, обеспечивается топливо, пригодное для использования в соответствии с данным способом, каковое топливо основано на сухом гидриде металла или сухом боргидриде металла, диспергированном в неводной диспергирующей среде. Кроме того, обеспечивается способ (до)заправки устройства для производства водорода на автозаправочной станции и способ снабжения автозаправочной станции топливом.

**B1**

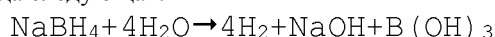
**045052**

**045052 B1**

Настоящее изобретение относится к способу и устройству для производства водорода из жидкого топлива, содержащего гидрид металла  $MH_x$  и/или боргидрида металла  $M(BH_4)_x$ . Настоящее изобретение также относится к жидкому топливу, содержащему гидрид металла  $MH_x$  и/или боргидрида металла  $M(BH_4)_x$ . Кроме того, изобретение относится к способу (до)заправки топливом устройства для производства водорода.

Известно несколько способов производства водорода из топлива, содержащего гидрид металла или боргидрид металла.

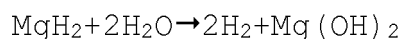
В EP 1369947 описан способ производства водорода, в соответствии с которым раствор А, содержащий 5-50%  $NaBH_4$ , 5-40%  $NaOH$  и остальное - вода, смешивают с раствором В, содержащим 51-100% воды и 49-0% водорастворимой добавки. рН раствора В лежит в диапазоне, предпочтительно, от 2 до 7. После смешивания растворов А и В молярное отношение  $NaBH_4:H_2O$ , предпочтительно, превышает 1:5, более предпочтительно, превышает 1:6. Растворы А и В, предпочтительно, независимо друг от друга с дозированным расходом подают в реакционную камеру, где они смешиваются и вступают в реакцию. Реакция разложения боргидрида следующая:



В этом примере раствор А стабилизирован благодаря щелочи ( $NaOH$ ), и реакция начинается при уменьшении рН образующейся водной смеси при добавлении раствора В.

Министерство энергетики США (Department of Energy - DoE) определило технические задачи в области производства и аккумулирования водорода. К 2010 удельная энергоёмкость должна составить 1,8 киловатт-час/кг. К 2015 удельная энергоёмкость должна составить 3 киловатт-час/кг = 10,8 МДж/кг. Последняя величина соответствует 9,0% вес. водорода. Рабочая температура окружающей среды должна лежать в диапазоне от  $-40^\circ C$  до  $60^\circ C$ .

В ходе попыток решения задачи на 2010 г., были проведены испытания суспензии гидрида магния ( $MgH_2$ ), изготовленной в рамках одного из проектов DoE, как указано в годовом отчете о ходе работ за 2006 фин. г. (FY 2006 Annual progress Report, p. 377 ff.). Предметом испытаний была суспензия, которая представляла собой частицы  $MgH_2$  размером от 100 мкм до 1 мкм, диспергированные в масле, доля  $MgH_2$  в дисперсии составляла 70%. Эта суспензия характеризовалась удельной энергоёмкостью свежего материала 3,6 киловатт-час/кг. Масло в суспензии выполняет функцию защиты  $MgH_2$  от непреднамеренного контакта с влагой воздуха,  $MgH_2$  при комнатной температуре вступает в реакцию очень медленно, поэтому он относительно безопасен в обращении и может обрабатываться на воздухе. При добавлении воды в суспензию и ее смешивании с суспензией начинается реакция. Реакция разложения  $MgH_2$  следующая:



В соответствии со способами известного уровня техники, не представляется возможным инициировать мгновенную реакцию, в ходе которой немедленно после ее начала водород выделяется в количестве, достаточном для работы, например, водородного топливного элемента автомобиля.

Следовательно, первой задачей настоящего изобретения является обеспечение способа и устройства для производства водорода, в которых возможно мгновенное выделение водорода в значительном количестве. Еще одной задачей настоящего изобретения является обеспечение топлива, пригодного для использования с целью производства водорода в способе и/или устройстве, соответствующем настоящему изобретению. Еще одной задачей является обеспечение простого способа дозаправки устройства для производства водорода, в частности, дозаправки устройства для производства водорода, соответствующего настоящему изобретению.

Эти и другие задачи решаются при помощи способа и устройства для производства водорода, соответствующих настоящему изобретению, указанный способ включает следующие стадии:

обеспечение жидкости-носителя водорода, содержащей молекулы или частицы-носители водорода, растворенные или диспергированные в инертной текучей среде; обеспечение активирующей жидкости; введение жидкости-носителя водорода и активирующей жидкости в первую реакционную камеру, при этом жидкость-носитель водорода и активирующую жидкость вводят в реакционную камеру так, что происходит интенсивное перемешивание молекул или частиц-носителей водорода с активирующей жидкостью.

В соответствии со способом настоящего изобретения, в качестве топлива используют раствор или жидкую дисперсию, указанный раствор или дисперсия содержат частицы-носители водорода, например, микрочастицы гидрида металла или боргидрида металла, которые растворены или диспергированы в инертной текучей растворяющей или диспергирующей среде. Топливо и активирующую жидкость вводят в реакционную камеру, каковое введение раствора или дисперсии и активирующей жидкости вызывает интенсивное перемешивание топлива с активирующей жидкостью, приводя к тесному контакту между молекулами-носителями водорода и активирующей жидкостью. Введение дисперсии также создает условия для отделения частиц-носителей водорода от диспергирующей среды и воздействия на них активирующей жидкости. Введение топлива и активирующей жидкости чрезвычайно предпочтительно выполнять как прямую инъекцию и топлива, и активирующей жидкости.

При помощи данного способа возможно обеспечить большую площадь контакта между поверхностью капель или частиц-носителей водорода и активирующей жидкостью, а любое замедление реакции вследствие экранирования носителей водорода растворяющей средой или сцепления дисперсионной среды с поверхностью частиц сведено к минимуму или полностью исключается, так как растворяющая среда разделяется в активирующей жидкости на мельчайшие капли, а дисперсионная среда вымывается с поверхности частиц-носителей водорода. Таким образом, после введения и раствора или дисперсии, и активирующей жидкости в реакционную камеру, поверхность мельчайших капель или частиц открыта для воздействия активатора, и реакция образования водорода начинается немедленно, а скорость образования водорода высока.

Во многих случаях данный способ будет еще более эффективным, если раствор или дисперсию и активирующую жидкость вводить при высоком давлении, однако, подходящее давление зависит от раствора или дисперсии, в частности, от размера капель или частиц-носителей водорода, от доли носителя в растворе или дисперсии, вязкости раствора или дисперсии и типа используемой активирующей жидкости. При использовании высокого давления для введения раствора или дисперсии, расход растворяющей или диспергирующей среды и/или активирующей жидкости увеличивается, тем самым, увеличивается эффективность разделения растворяющей среды на мельчайшие капли или отделение диспергирующей среды от поверхности частиц-носителей водорода.

Кроме того, разделение растворяющей среды на мельчайшие капли или отделение диспергирующей среды от частиц-носителей водорода может быть интенсифицировано путем добавления в растворяющую или диспергирующую среду и/или активирующую жидкость эмульгатора, так как это облегчает эмульгирование растворяющей среды и вымывание диспергирующей среды с поверхности частиц.

Благодаря указанным выше мерам реакция начинается менее, чем через секунду после введение раствора или дисперсии и активирующей жидкости в реакционную камеру.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения смесь любых оставшихся частиц-носителей водорода, диспергирующей среды, активирующей жидкости и продуктов реакции дополнительно смешивают на второй стадии смешивания. На этой стадии реакция между оставшимися частицами-носителями водорода и активатором может быть завершена на 99% или более, так что, практически, все частицы-носители водорода вступают в реакцию, а продукты реакции остаются диспергированными в диспергирующей среде так, что их можно легко удалить из контейнера, где они накапливаются. В этом контексте может оказаться полезным периодически или непрерывно добавлять в смесь дополнительное количество активирующей жидкости. Эту вторую стадию смешивания, предпочтительно, можно осуществлять в мешалке с большими сдвиговыми усилиями, снабженной статором и ротором.

Может оказаться полезным применение средств разделения для отделения водорода от остаточных продуктов реакции, в частности мембраны, чтобы высвободить весь образовавшийся водород. Такие средства разделения, в частности, могут быть применены на второй стадии смешивания и после нее.

Кроме того, является предпочтительным, чтобы общее количество активирующей жидкости немного превосходило стехиометрическое количество, необходимое для реакции с данным количеством носителя водорода.

Пригодным носителем водорода является один или более носитель, подбираемый из группы, состоящей из гидридов металлов  $MH_x$  и боргидридов металлов  $M(BH_4)_x$ , где  $M$  означает металл,  $x$  означает валентность этого металла. Предпочтительно, металл носителя водорода подбирают из группы, состоящей из  $Li$ ,  $Na$ ,  $Be$ ,  $Mg$ ,  $Ca$  и  $Al$ , особенно предпочтительным носителем водорода является  $Ca(BH_4)_2$  и/или  $Al(BH_4)_3$ .

Чтобы площадь поверхности для реакции была большой, размер частиц-носителей водорода, равный 10 мкм или менее, предпочтительно, около 1 мкм или менее считается эффективным. Особенно эффективным считается полное растворение носителя водорода.

В качестве растворяющей или диспергирующей среды предпочтительными являются текучие среды или сочетание текучих сред, подбираемое из группы, состоящей из минеральных масел, сополимеров этилена и пропилена, поли(альфа)олефинов и эфир алкоксилатов.

Использование раствора или диспергирующей среды с концентрацией носителя водорода или частиц-носителей водорода в дисперсии, по меньшей мере, 60% является предпочтительным с точки зрения обеспечения надлежащей энергоемкости. Представляется, что концентрация в диапазоне от 70 до 75% обеспечивает эффективное соотношение между энергоемкостью, вязкостью раствора или дисперсии и защитой носителя водорода от непреднамеренной реакции в окружающих внешних условиях. Однако, в зависимости от конкретного носителя водорода или размера частиц носителя водорода, пригодной может быть и более высокая концентрация.

Вязкость раствора или дисперсии имеет решающее значение, поскольку при больших значениях вязкости эффективная инъекция затрудняется. Мощность топливного насоса также пропорциональна вязкости подаваемого им топлива, а входную мощность любого насоса можно использовать в качестве параметра управления качеством для всей производственной цепочки. Таким образом, величины вязкости, превышающие вязкость воды при комнатной температуре в 1-50 раз, предпочтительно, от 1 до 25 раз, более предпочтительно, от 1 до 10 раз, еще более предпочтительно, от 1 до 5 раз, наиболее предпоч-

тительно, составляющие от 1 до 2 величин вязкости воды при комнатной температуре, считаются эффективными.

Предпочтительный активатор представляет собой или включает, главным образом, воду. Скорость реакции между носителем водорода и водой может резко увеличиваться с увеличением чистоты воды. Было обнаружено, что для некоторых боргидридов скорость реакции увеличивается в следующем порядке типов используемой воды: водопроводная вода < деминерализованная вода < деминерализованная вода, прошедшая обратноосмотическую очистку < деминерализованная вода, прошедшая обратноосмотическую очистку и затем пропущенная через электростатический фильтр.

Спирты, такие как метанол, этанол и пропанол, также могут быть использованы в качестве пригодных активирующих жидкостей.

В частности, при использовании воды полезно добавлять в нее антифриз, в частности гликоль, чтобы снизить температуру замерзания. Добавление антифриза не является необходимым, если в качестве активирующей жидкости используют спирт. В качестве альтернативы, для предотвращения замерзания воды может быть применено нагревание и/или средство теплоизоляции.

Устройство настоящего изобретения включает реакционную камеру по меньшей мере один топливный инжектор для введения топлива и активирующей жидкости в реакционную камеру, выходные отверстия для водорода и для остаточных продуктов реакции. По меньшей мере один инжектор устройства настоящего изобретения предназначен для инициирования реакции немедленного образования водорода в реакционной камере при введении топлива и активирующей жидкости.

Устройство настоящего изобретения, предпочтительно, включает:

топливный насос по потоку до топливного инжектора; и/или

топливный резервуар, гидравлически соединенный с топливным инжектором; и/или

насос для активирующей жидкости по потоку до инжектора активирующей жидкости; и/или

резервуар для активирующей жидкости, гидравлически соединенный с инжектором активирующей жидкости; и/или

мешалку второй стадии, в частности, мешалку с большими сдвиговыми усилиями; и/или

насос отработавшего топлива для остаточных продуктов реакции по потоку после реакционной камеры; и/или

резервуар отработавшего топлива для остаточных продуктов реакции по потоку после реакционной камеры.

Мешалка второй стадии, если ее используют, предпочтительно, расположена внутри реакционной камеры, в частности, в нижней части реакционной камеры, где дисперсионная среда, топливо и отработавшее топливо, а также активирующая жидкость, собираются после введения в реакционную камеру. Однако, мешалка второй стадии также может быть расположена во второй реакционной камере по потоку после первой реакционной камеры. Мешалку второй стадии не используют, когда топливо представляет собой раствор.

Средство разделения, предпочтительно, предусматривается для отделения водорода от остаточных продуктов реакции. Такое средство разделения может, например, включать полупроницаемую мембрану.

Резервуары для топлива, активирующей жидкости и остаточных продуктов реакции, предпочтительно, представляют собой отдельные мягкие контейнеры, расположенные внутри одного топливного контейнера, снабженного твердой оболочкой, который, по соображениям безопасности, может эксплуатироваться при низком давлении, чтобы исключить утечку из контейнера любой жидкости, содержащейся в этих резервуарах. В качестве дополнительной меры безопасности, предпочтительно, предусматривается наличие мембран, разделяющих мягкие контейнеры для топлива, активирующей жидкости и остаточных продуктов реакции. В качестве еще одной меры безопасности, каждый из мягких контейнеров и контейнер с твердой оболочкой, предпочтительно, снабжают линией для подачи азота, представляющего собой изолирующий газ, и для сброса любого избыточного давления, возникающего в любом из этих контейнеров. Эту линию, предпочтительно, снабжают регулировочным клапаном и механическим предохранительным клапаном. Кроме того, мягкие контейнеры и/или контейнер с твердой оболочкой могут быть снабжены измерительными устройствами для измерения и контроля давления в контейнерах, выходной сигнал которых, предпочтительно, поступает на интерфейс пользователя.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения каждая из линий подачи топлива и активирующей жидкости из топливного резервуара и резервуара с активирующей жидкостью в реакционную камеру снабжена перепускной линией и регулировочным клапаном в этой перепускной линии, что позволяет топливному насосу непрерывно рециркулировать топливо по перепускной линии в топливный резервуар, а насосу для активирующей жидкости непрерывно рециркулировать активирующую жидкость по перепускной линии в резервуар для активирующей жидкости. При приведении в действие регулировочного клапана в каждой из перепускных линий топливо и активирующая жидкость поступают в реакционную камеру.

В другом предпочтительном варианте осуществления изобретения регулировочный клапан выхода водорода расположен по потоку после выходного отверстия для водорода реакционной камеры и предназначен для регулирования выхода водорода из реакционной камеры.

Для эксплуатации данного устройства может быть предусмотрено наличие блока управления, предназначенного для управления, в частности, выходным давлением водорода, функционированием топливного насоса, функционированием насоса для активирующей жидкости, приведением в действие регулировочных клапанов в перепускных линиях для топлива и активирующей жидкости, функционированием насоса для остаточных продуктов реакции и/или уровнем жидкости в реакционной камере.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения реакционная камера снабжена первым теплообменником, предназначенным для снятия первой порции тепла реакции между топливом и активатором в реакционной камере, и вторым теплообменником, предназначенным для снятия второй порции тепла реакции между топливом и активатором в мешалке, находящейся в реакционной камере. Посредством подходящего жидкого теплоносителя, тепло из первого теплообменника поступает в термодинамический цикл, такой как органический цикл Ренкина или цикл Калина, соединенный с паровой турбиной, приводящей в действие генератор, вырабатывающий электроэнергию. В качестве альтернативы, тепло из первого теплообменника может быть использовано в термоэлектрическом устройстве для непосредственного преобразования тепла в электроэнергию, либо может быть поделено между термодинамическим циклом и термоэлектрическим устройством.

Тепло из второго теплообменника используют в целях нагрева и/или сбрасывают в окружающую среду. Максимальная температура водорода на выходе из реакционной камеры, предпочтительно, ограничена 40°C, чтобы предотвратить поломку следующего по потоку оборудования, такого как мембрана топливного элемента.

Устройство настоящего изобретения, предпочтительно, может быть использовано с сочетанием дисперсий, содержащих частицы-носители водорода в качестве топлива, и воды или спирта в качестве активирующих жидкостей. Однако, это устройство также может быть использовано с растворами, содержащими гидриды металлов или боргидриды металлов, в качестве топлива и водной активирующей жидкостью.

Топливо настоящего изобретения состоит из раствора или дисперсии и активирующей жидкости, предпочтительный состав и физические свойства которых уже описаны выше.

Далее настоящее изобретение описано подробно со ссылкой на чертежи, на которых:

фиг. 1 представляет собой схему топливной системы, соответствующей настоящему изобретению;

на фиг. 2 представлено поперечное сечение реакционной камеры первого варианта осуществления топливной системы, соответствующей настоящему изобретению;

на фиг. 3 представлено поперечное сечение части мешалки с большими сдвиговыми усилиями, предназначенной для использования в реакционной камере в соответствии с настоящим изобретением;

фиг. 4 представляет собой схему второго варианта осуществления топливной системы, соответствующей настоящему изобретению;

фиг. 5 представляет собой схему третьего варианта осуществления топливной системы, соответствующей настоящему изобретению;

на фиг. 5А представлена схема варианта осуществления фиг. 5, включающая охлаждающие контуры и набор топливных элементов;

на фиг. 6 показан предпочтительный вариант осуществления комплекта инжекторов для прямой инжекции топлива и активатора;

на фиг. 6А показан другой предпочтительный вариант осуществления инжекционной системы для прямой инжекции топлива и активатора;

на фиг. 6В показан третий предпочтительный вариант осуществления инжекционной системы для прямой инжекции топлива и активатора;

на фиг. 7 показан предпочтительный вариант осуществления топливного бака с мягкими резервуарами для топлива, активирующей жидкости и отработавшего топлива;

фиг. 8 представляет собой схему системы подачи топлива в транспортное средство; и

фиг. 9 представляет собой схему системы подачи топлива на автозаправочную станцию.

Первый вариант осуществления топливной системы, соответствующей настоящему изобретению, показан на фиг. 1. Эта система включает реакционную камеру 1, в которую может быть подано топливо и активирующая жидкость. Например, реакционная камера 1 может представлять собой контейнер среднего давления, допускающий давление до 5 бар.

Топливо, подлежащее подаче в реакционную камеру, хранится в топливном резервуаре 2 топливного бака 3. Топливный бак 3 также включает резервуар 4 для активирующей жидкости, предназначенный для хранения активирующей жидкости, подлежащей подаче в реакционную камеру 1, и резервуар 5 для отработавшего топлива, предназначенный для хранения продуктов реакции (за исключением образовавшегося водорода), выходящих из реакционной камеры 1. Все резервуары 2, 4, 5 расположены в топливном баке 3, наружная часть которого может быть, по меньшей мере частично, вакуумирована при помощи регулировочного клапана давления V1 и компрессора С. Предпочтительное давление в топливном баке составляет 150 гПа. Топливный бак 3 также может вентилироваться через сообщающийся с внешней средой выпускной клапан V<sub>2</sub>.

В реакционную камеру 1 может быть подано топливо из топливного резервуара 2 по линии 6 при

помощи топливного насоса 7, и может быть подана активирующая жидкость из резервуара 4 для активирующей жидкости по линии 8 при помощи насоса 9 для активирующей жидкости. Остаточные продукты реакции отводят из реакционной камеры 1 по линии 11 при помощи насоса 12 на хранение в резервуаре 5 для отработавшего топлива. Насосы, предпочтительно, представляют собой мембранные насосы. Во всех линиях и насосах, предпочтительно, использованы непроницаемые для водорода мембраны и уплотнения.

Использованные в данной системе топливные линии, предпочтительно, включают трубопровод, снабженный предохранительным затвором от обратного удара пламени и пламеуловителем, и могут включать фильтры из спеченной керамики.

И топливо, и активирующую жидкость подают в реакционную камеру 1 через встроенный смеситель 19, который может включать несколько инжекционных сопел (не показаны). Это означает, что топливо и активирующую жидкость подают одновременно и таким образом, чтобы обеспечить высокое напряжение сдвига между поверхностями жидких струй.

В реакционной камере 1 имеется, по меньшей мере, датчик  $L_1$  уровня жидкости для контроля уровня жидкости в реакционной камере. В частности, датчик  $L_1$  уровня жидкости может контролировать и различать пониженный уровень жидкости, повышенный уровень жидкости и уровень срабатывания устройства сигнализации среди нормальных уровней жидкости в реакционной камере.

В верхней части реакционной камеры 1 имеется выходное отверстие для водорода, которое отделено от остальной части реакционной камеры 1 мембраной 13, проницаемой для газа (водорода). Водород может быть выведен из реакционной камеры 1 через выходное отверстие 14 для водорода либо в накопитель водорода (не показан), либо в потребитель водорода (не показан) по линии 15, через регулятор давления 16 и выходной регулировочный клапан  $V_0$ . Регулятор давления может включать механический сильфон и должен быть непроницаемым для водорода.

Кроме того, фильтр и обратные клапаны  $V_3$  и  $V_4$ , включающие, оба, проницаемые для водорода мембраны, расположены в верхней части топливного резервуара 2 и резервуара 5 для отработавшего топлива, которые соединены линией 17 с выходным отверстием 14 для водорода для отведения водорода из топливного резервуара 2 и резервуара 5 для отработавшего топлива.

Два датчика P1 и P2 предназначены для контроля давления в топливном баке и давления газообразного водорода на выходе 14 из реакционной камеры 1.

Управление данной топливной системой осуществляет блок управления 18. Блок управления 18 использует информацию, поступающую от датчиков давления P1, P2, датчика  $L_1$  уровня жидкости, для управления любым из насосов 7, 9, 12 и клапанов  $V_0$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ . В частности, путем автономного управления насосами 7 и 9 можно точно регулировать соотношение топлива и активирующей жидкости в смеси, подаваемой в реакционную камеру 1, что позволяет непосредственно управлять реакцией образования водорода в реакционной камере 1. Процессор, предназначенный для регулирования количества топлива и активатора, может быть снабжен стандартными предварительно выбранными установками для различных топлив.

На фиг. 2 более подробно показана нижняя часть реакционной камеры 1 системы, соответствующей фиг. 1. Мешалка 30 с большими сдвиговыми усилиями, расположена в нижней части реакционной камеры 1, немного смещена относительно центральной оси 21 и находится ниже уровня жидкости, который схематически обозначен номером позиции 22.

Целью мешалки 30 с большими сдвиговыми усилиями является обеспечение рециркуляции топлива и/или частично отработавшего топлива в мешалке 30 для осуществления дополнительной стадии смешивания и для полного преобразования всего топлива. Благодаря этой дополнительной стадии смешивания также предотвращается наличие зон с высокой и/или низкой концентрацией частиц топлива, что могло бы вызвать нежелательный местный нагрев или недогрев. На фиг. 2 показано, что мешалка с большими сдвиговыми усилиями создает в реакционной камере 1 кругообразный поток, как показано линиями из стрелок. Это означает, что жидкость перемещается вверх вдоль оси мешалки, после чего течет вниз вдоль стенок реакционной камеры 1. Тот факт, что жидкости при этом перемешиваются, способствует увеличению напряжения сдвига между поверхностями жидких струй, интенсифицируя смешивание этих жидкостей и увеличивая продолжительность реакции с образованием водорода в данной системе.

Часть пригодной мешалки 30 с большими сдвиговыми усилиями показана на фиг. 3. Мешалка 30 с большими сдвиговыми усилиями включает кругообразный статор 31 и соосный ему ротор 32 меньшего диаметра, чем статор. Ось вращения ротора 32 расположена так, что ротор 32 может вращаться внутри статора 31, тем самым, перемешивая жидкости в реакционной зоне 33 между статором и ротором. Реакционная зона 33 ограничена внутренней стенкой статора 31 и лицевой наружной стенкой ротора 32.

Для еще большего увеличения выделения водорода из топлива в реакционную зону 33 может быть дополнительно подана активирующая жидкость через отверстия 34 в стенке ротора 32. Отработавшее топливо может быть отведено из реакционной зоны 33 через отверстия 35 в стенке статора 31.

Вернемся к фиг. 1; образовавшийся в реакционной камере 1 водород поступает в регулятор давления 16. Для поддержания чистоты образовавшегося водорода, на входе в этот регулятор 16 низкого давления может быть установлен фильтр. Из соображений безопасности должно быть предусмотрено нали-

чие пламеуловителя, предотвращающего обратный удар пламени. Фильтр и пламеуловитель могут быть объединены в один функциональный элемент.

Далее со ссылкой на фиг. 4 и 5 описаны второй и третий варианты осуществления топливной системы, соответствующей настоящему изобретению. В соответствии с фиг. 4 эта система включает резервуар 100 для хранения топлива, резервуар 200 для хранения активатора и резервуар 300 для хранения отработавшего топлива. Каждый из резервуаров 100, 200, 300 снабжен датчиком 721, 722, 723, соответственно, для контроля уровня жидкости внутри каждого из резервуаров 100, 200, 300. Датчики 721, 722, 723, предпочтительно, представляют собой датчики Холла или оптическую систему измерения смещения. Датчик Холла является магнитным и во время работы не создает искр.

Предпочтительно, каждый из резервуаров для хранения 100, 200, 300 имеет изменяемый объем. Это означает, что эти резервуары, предпочтительно, расположены так, что увеличение объема одного из резервуаров полностью или частично сопровождается одновременным уменьшением объема другого резервуара для хранения. Эффектом этой меры является значительное ограничение общего объема, необходимого для топливного бака, включающего три резервуара 100, 200, 300. Перед началом использования системы резервуар 100 для хранения топлива и резервуар 200 для хранения активатора имеют определенный объем, так как в них находится жидкость. В этот момент резервуар 300 для хранения отработавшего топлива пуст. В ходе эксплуатации резервуар 100 для хранения топлива и резервуар 200 для хранения активатора опустошаются, в то же время, резервуар 300 для хранения отработавшего топлива наполняется. При использовании мягких стенок, которые могут изгибаться в соответствии со степенью заполнения резервуаров 100, 200, 300, начальное пространство, необходимое для размещения резервуаров 100, 200, 300, может быть минимальным. Системы, соответствующие фиг. 4 и 5, могут эксплуатироваться с мягкими резервуарами 100, 200, 300 для хранения, размещенными внутри жесткого наружного корпуса с постоянным объемом. Один из вариантов осуществления такого бака будет описан со ссылкой на фиг. 7.

Как показано на фиг. 4, резервуары 100, 200, 300 для хранения, предпочтительно, подсоединены к соединительному устройству 114. Это соединительное устройство предназначено для соединения резервуаров для хранения с линиями подачи и отведения жидкостей из резервуаров 100, 200, 300 для хранения в одной централизованной точке. Соединительное устройство 114 снабжено вспомогательным соединительным устройством 111 для подачи топлива, вспомогательным соединительным устройством 211 для подачи активатора и вспомогательным соединительным устройством 331 для отведения отработавшего топлива из системы. Соединительное устройство также снабжено вспомогательным соединительным устройством 344 для подачи изолирующего газа, такого как азот, в резервуары 100, 200, 300 для хранения. Предпочтительно, вспомогательные соединительные устройства снабжены уникальными соединительными элементами, предотвращающими неправильное подсоединение. Предпочтительно, вспомогательные соединительные устройства полностью защищены от какого-либо пролива жидкостей. Предпочтительным типом соединительного устройства является серия быстроразъемных соединений типа SwageLok.

Резервуар 100 для хранения топлива и резервуар 200 для хранения активатора снабжены линиями подачи 110, 210, соответственно, для подачи топлива и активатора (с промывочной жидкостью или без нее) из внешнего источника.

Резервуар 300 для хранения отработавшего топлива снабжен линией 330 для выведения отработавшего топлива в наружную систему сбора, линия 330 выведения отработавшего топлива снабжена системой клапанов и соединительным устройством 331 для соединения с наружной системой сбора отработавшего топлива.

Каждая из систем клапанов и соединительных устройств 111, 211, 331 может быть интегрированной. Соединительные устройства и/или интегрированные системы клапанов и соединительных устройств могут быть объединены в единое соединительное устройство 114, которое представляет собой одно соединительное устройство для всех соединений. Это позволяет одновременно заполнять резервуары 100 и 200 и опустошать резервуар 300.

Как показано на фиг. 5, резервуары 100 и 200 для хранения могут быть снабжены линиями рециркуляции 120, 220, на которых имеются насосы 125, 225, или, в качестве альтернативы, с крыльчатим колесом 106, 206 (см. фиг. 4) для гомогенизации и/или перекачивания. Наличие экрана (не показан) может быть предусмотрено в верхней части резервуаров 100, 200 для хранения по потоку сразу после выходного отверстия какой-либо линии рециркуляции для равномерного распределения.

Наличие крыльчатых колес 106, 206, 306 (см. фиг. 4) является предпочтительным для жидкостей, тогда как система рециркуляции является предпочтительной для дисперсий. Рециркуляция дисперсии обеспечивает равномерное распределение топлива по всему резервуару для хранения и, таким образом, сводит к минимуму различие концентраций, тогда как рециркуляция жидкостей может привести к появлению градиентов концентрации. Поскольку активатор всегда представляет собой жидкость, а не дисперсию, для резервуара 200 для хранения активатора является предпочтительным наличие крыльчатого колеса 206.

Выходные отверстия линий рециркуляции 120, 220 снабжены клапанами сброса максимального

давления. Эти клапаны предназначены для поддержания максимального давления в линии рециркуляции топлива, обычно, на уровне 8 бар и в линии рециркуляции активатора на уровне 9 бар.

Резервуар 100 для хранения топлива, резервуар 200 для хранения активатора и резервуар 300 для хранения отработавшего топлива, предпочтительно, снабжены установленной у входного отверстия для азота разделительной мембраной газ-жидкость. Линия азота 340 снабжена механическим клапаном сброса давления 341 для сброса какого-либо избыточного давления ( $>7$  бар) в окружающую среду. Кроме того, линия азота 340 снабжена перепускной линией (не показана), на которой имеется преобразователь давления, который может приводить в действие регулировочный клапан. Во время дозаправки в резервуары 100, 200, 300 для хранения подают азот под давлением 3 бар. Блок управления 58 регулирует давление в линии 340 при помощи преобразователя и клапана на уровне от 3,0 до 3,2 бар.

Система, соответствующая фиг. 4 и 5, снабжена реакционной камерой 400, смесительной камерой 500 и буферной камерой 600 для выделившегося водорода. Все эти камеры: реакционная камера 400, смесительная камера 500 и буферная камера 600 свободно сообщаются друг с другом, обеспечивая неограниченное выделение водорода.

Резервуары для хранения топлива 100 и активатора 200 соединены со смесительной камерой 500 линией для подачи топлива 130 и линией для подачи активатора 230. Каждая из линий 130, 230 предназначена для подачи в реакционную камеру 400 топлива и активатора при участии регулировочных клапанов 132, 232, расположенных на конце линии, на входе в смесительную камеру 500. Давление открытия регулировочных клапанов 132, 232 составляет 8 бар для топлива и 9 бар для активатора. Каждая из линий 130, 230 снабжена преобразователем давления 713, 714 и может быть снабжена сигнализатором минимального и максимального давления. Каждая из линий 130, 230, предпочтительно, снабжена гидравлическими датчиками 133, 233 и объемными расходомерами 134, 234. При размещении гидравлических датчиков между регулировочными клапанами для активатора и топлива и смесительной камерой 500, контролируется (или проверяется) наличие топлива и активатора в линиях, и исключается поступление топлива в смесительную камеру 500 в отсутствие активатора. Таким образом, предотвращается реакция в реакционной камере между добавляемым активатором (для уменьшения вязкости, измеряемой в линии рециркуляции) и топливом в очень большой концентрации, в результате, предотвращается увеличение давления в реакционной камере выше пределов подачи аварийного сигнала.

В варианте осуществления изобретения, соответствующем фиг. 4, линия 230 для подачи активатора может быть снабжена буфером 237 для небольшого объема активатора с целью поддержания постоянного давления жидкости в линии 230. Линия 130 для подачи топлива может быть снабжена буфером 137 для небольшого объема топлива с целью поддержания постоянного давления жидкости в линии 130. В варианте осуществления изобретения, соответствующем фиг. 5, функцию буфера выполняют перепускные линии 120 и 220.

Со ссылкой на фиг. 6 показан один из вариантов осуществления инжекторов для введения топлива и активатора в смесительную камеру. Выходное отверстие линии 230, предпочтительно, имеет форму сопла 232, чтобы активатор, выходящий из линии 230, мог быть введен в смесительную камеру 500 в виде струйного потока, тогда как выходное отверстие топливной линии 130 имеет форму открытого гидравлического канала, соединенного с чашеобразным элементом. Сопло 232, создающее струйный поток, может быть расположено соосно с открытым гидравлическим каналом топливной линии 130, чтобы струйный поток автоматически смешивался с топливом, выходящим из открытого гидравлического канала. Струйный поток организован так, что достигается интенсивное смешивание топлива и активатора с целью удаления наибольшего количества защитных жидкостей с твердых частиц дисперсии гранулированного топлива.

Смешивание жидкостей включает первую стадию 550, на которой относительно сильная струя активирующей жидкости через сопло 232 линии подачи активатора распыляется в поток топлива, выходящий из топливной линии 130 в первое чашеобразное отверстие, тем самым, масло смывается напором струи с гранулята, и топливо открывается для воздействия активатора. Реакционная смесь течет через первую перфорированную перегородку 558 на вторую стадию 560, где направляющий элемент 569 направляет ее ко второму чашеобразному выходному отверстию линии 420 повторного смешивания, где она смешивается с отработавшим топливом, рециркулируемым из приемной зоны 450 на вторую стадию 560 смешивания насосом 425 через перепускную линию 420 (см. фиг. 5).

Реакционная смесь со второй стадии может поступать через вторую перфорированную перегородку 568 на третью стадию 570 для полного завершения реакции до поступления через третью перфорированную перегородку 578 в реактор 400. В качестве альтернативы, реакционная смесь может поступать со второй стадии непосредственно в реактор 400.

На фиг. 6А более подробно показано поперечное сечение смесительной камеры 500 фиг. 5А. На фиг. 6А показана топливная линия 130, линия для подачи активатора 230, рубашка охлаждения 501, которая может полностью окружать внутренний канал 502.

На фиг. 6В более подробно показан другой предпочтительный вариант осуществления смесительной камеры 500. Во внутреннем канале 502 имеются многоуровневые секции, разделенные охлаждающими элементами 503, снабженными каналами охлаждения 504 для охлаждающей жидкости.



Вернемся к фиг. 4 и 5; в смесительной камере 500, предпочтительно, имеется множество стадий, свободно сообщающихся друг с другом и, в конце концов, сообщающихся с реакционной камерой 400 и буферной камерой 600. Благодаря многостадийной смесительной камере 500, в которой отдельные стадии разделены перфорированными пластинами с уменьшающимся гидравлическим сопротивлением, создается градиент давления, который вызывает турбулентное перемешивание на каждой стадии и перенос продуктов реакции с одной стадии на другую и далее. Это означает, что выходное отверстие для образовавшегося водорода (включая предохранительный клапан) не может быть размещено внутри смесительной камеры, и должно быть расположено в реакционной камере 400. Количество стадий зависит от требуемой скорости реакции.

Форма нижней части реакционной камеры 400 такова, что эта нижняя часть вмещает негазообразные продукты реакции, образующиеся в результате смешивания топлива и активатора. Далее эта нижняя часть именуется "приемная зона" 450. Негазообразные продукты реакции - это отработавшее топливо, которое собирается в приемной зоне 450 под действием силы тяжести и давления газа в реакционной камере. Благодаря выпуклой форме приемной зоны 450 облегчается перемещение отработавшего топлива из реакционной камеры 400 в приемную зону 450.

Приемная зона 450, предпочтительно, сообщается с резервуаром 300 для хранения отработавшего топлива посредством первой 430 и второй 440 линии для транспортировки отработавшего топлива. Вторая линия 440 является резервной для первой на случай, если первая линия будет заблокирована. Благодаря наличию резервной линии предотвращается нарушение работы вследствие каких-либо электрических неполадок и/или механического осложнения потока. Кроме того, предотвращается блокировка выпускного клапана и/или линии из-за отложений, которые могут быть липкими, если в качестве топлива используют дисперсию. Каждая из линий 430, 440 снабжена выпускным клапаном 431, 441, соответственно, и каждый из выпускных клапанов 431, 441 предназначен для того, чтобы, по существу, все отработавшее топливо, собранное в реакционной камере 400, было повторно перемешано перед транспортировкой в резервуар 300 для отработавшего топлива.

Выпускной клапан, предпочтительно, располагают в нижней части приемной зоны 450 выпуклой формы, собранное отработавшее топливо, предпочтительно, все время рециркулирует в реакторе, чтобы гарантировать полное использование этого топлива и обеспечить возможность измерения вязкости собранного отработавшего топлива при помощи тахометра и датчика мощности, подключенных к насосу повторного смешивания.

Приемная зона 450, предпочтительно, соединена со смесительной камерой 500 посредством перепускной линии 420 (см. фиг. 5) для повторного смешивания отработавшего топлива. Перепускная линия 420 снабжена насосом 425 и регулировочным клапаном 421, который расположен ниже нижнего уровня сигнализации реакционной зоны. Перепускная линия 420, предназначенная для повторного смешивания отработавшего топлива, сообщается со второй стадией смесительной камеры, граничащей с первой стадией, где смешивается топливо и активатор. Приемная зона 450 может быть дополнительно снабжена датчиком температуры 717.

Линия 420 повторного смешивания, предпочтительно, снабжена вискозиметром (не показан) для измерения вязкости отработавшего топлива. Насос 425 на перепускной линии 420, предпочтительно, снабжен тахометром (не показан), более предпочтительно, диском Нипкова. Линия электроснабжения насоса 425, предпочтительно, снабжена датчиком мощности (не показан).

Система управления реакционной камерой 400 имеет четыре контрольных уровня жидкости: минимальный и максимальный уровень собранного отработавшего топлива, нижний уровень сигнализации, который может быть равен минимальному уровню, и верхний уровень сигнализации, который всегда выше, чем максимальный уровень жидкости. При достижении верхнего уровня сигнализации приводится в действие резервный (второй) выпускной клапан, тогда как при достижении максимального уровня приводится в действие первый выпускной клапан. При минимальном уровне все задействованные выпускные клапаны закрываются. Однако, при достижении нижнего уровня сигнализации насос 425 повторного смешивания отработавшего топлива останавливается. Если уровень жидкости снижается до нижнего уровня сигнализации (и, в то же время, достигает минимального уровня), работа насоса повторного смешивания останавливается, выпускной клапан закрывается. Когда уровень жидкости поднимается, немедленно приводится в действие насос повторного смешивания.

Каждый из выпускных клапанов 431, 441 расположен ниже минимального уровня, тогда как клапан выходного отверстия линии повторного смешивания расположен в приемной зоне 450 ниже нижнего уровня сигнализации. Выпускные клапаны 431, 441, предпочтительно, расположены на той же высоте, что и клапан/выходное отверстие линии повторного смешивания, чтобы избежать закупоривания отложениями. Наличие в реакционной зоне отдельного выходного отверстия и клапана линии повторного смешивания является более предпочтительным, чем сочетание выпускных клапанов и линий, так как уменьшает критический отказ. Конечно, для повторного смешивания (части) собранного отработавшего топлива могут быть использованы другие конфигурации.

Реакционная камера 400 может быть снабжена соединительным устройством 414 и регулировочным клапаном 411 для добавления стандартного активатора или другого активатора для очистки системы.

Регулировочный клапан может быть соединен с линией 230 подачи активатора.

Буферная камера 600 снабжена газоотводной линией 630, на которой имеется регулировочный клапан 631 и редукционный клапан 632, расположенный по потоку после регулировочного клапана. Кроме того, газоотводная линия 630, предпочтительно, снабжена пламеуловителем (не показан), который находится по потоку после редукционного клапана 632 и предназначен для предотвращения распространения пламени в буферную камеру. Фильтр 603, предпочтительно, находится между буферной камерой 600 и редукционным клапаном 632, он отделяет продукты реакции и пропускает водород. Из-за небольшого объема буферной камеры, жидкость может легко выплескиваться в выходное отверстие и, следовательно, попадать в любую систему, соединенную с газоотводной линией 630, в силу относительно небольшого расстояния, которое их разделяет, следовательно, необходимо наличие фильтра. В вариантах крупномасштабного применения может быть использована буферная камера большого объема, в которой фильтр не нужен, так как расстояние, которое нужно преодолеть жидкости, большое. Однако, выплески, все же возможны.

Буферная камера 600, предпочтительно, снабжена механическим клапаном сброса давления 602 для обеспечения безопасности. Температуру выходящего газа, предпочтительно, измеряют при помощи датчика температуры 718.

Предпочтительно, реакционная камера 400 объединена с буферной камерой, включая все средства обеспечения реакционной камеры, и также используется как буферная камера. Если буферная камера 600 является реакционной камерой 400, то редукционный клапан и фильтр, предпочтительно, располагают в верхней части реакционной камеры 400. Смесительная камера 500 также может быть размещена в средней части реакционной камеры 400. Это также предлагается для предохранительного клапана, чтобы максимально увеличить расстояние между этим клапаном и какими-либо брызгами отработавшего топлива. При размещении фильтра в отдалении от редукционного клапана образуется вторая буферная камера, свободно сообщающаяся с реакционной зоной.

Интергрированная реакционная камера 400 снабжена первым 711 и вторым 712 преобразователем давления. Первый преобразователь давления 711, предпочтительно, расположен по потоку до фильтра 603, второй преобразователь давления 712, предпочтительно, расположен между фильтром 603 и редукционным клапаном 632. Реакционная камера может быть дополнительно снабжена датчиком температуры 716.

Система, соответствующая фиг. 4 и 5, предпочтительно, снабжена системой управления 50 для управления смешиванием топлива и активатора, потоком повторно смешиваемого отработавшего топлива и отведением собранного отработавшего топлива, при этом управление смешиванием топлива и активатора зависит от управления отведением отработавшего топлива.

Система управления 50, предпочтительно, соединена с гидравлическими датчиками 133, 233; преобразователями давления 711, 712, 713, 714, 132, 232, 343; датчиками температуры 716, 717, 718; вискозиметром и/или тахометром и/или датчиком мощности. Система управления 50, предпочтительно, снабжена пользовательским интерфейсом/дисплеем 51 и алгоритмом управления всеми датчиками и исполнительными механизмами. Блок управления 50 может быть снабжен системой беспроводной связи для передачи данных о степени заполнения, качестве топлива, аварийном давлении и т.д.

Система, предпочтительно, разработана так, что электрическое сопротивление в электропроводных металлических частях меньше 0,1 Ом, а разность потенциалов между любыми проводящими металлическими частями меньше 10 мВ.

Тепло, выделяющееся в смесительной камере 500 в результате смешивания топлива и активатора, предпочтительно, отводят при помощи первой системы охлаждения (не показана), используя в качестве охлаждающей среды воду, так, чтобы в смесительной камере поддерживалась рабочая температура в диапазоне 130-200°C. Может быть предусмотрено наличие второй охлаждающей системы (не показана) с водой в качестве охлаждающей среды, предназначенной для поддержания температуры в приемной зоне 4 50 и у выходного отверстия 630 для газа максимум 40°C. Путем регулирования температуры у выходного отверстия 630 для газа осуществляют регулирование влажности отводимого водорода.

На практике, система, соответствующая фиг. 4, 5 и 6, может быть использована следующим образом: в резервуаре 100 для хранения топлива может быть создано избыточное давление азота для предотвращения проникновения влаги во время дозаправки. В качестве меры безопасности может быть предусмотрено наличие выпускного клапана избыточного давления, который может быть объединен с клапаном 111 входного отверстия для топлива.

В резервуаре 300 для отработавшего топлива может иметь место небольшое давление водорода, образовавшегося в ходе постреакций бинарной топливной системы, еще не до конца вступившей в реакцию. Преобразователь давления 342 предназначен для определения давления в резервуаре 300 для отработавшего топлива и, если давление превосходит заранее заданную величину, блок управления 50 приводит в действие регулировочный клапан 343, выпускающий избыточное давление в окружающую среду. Любое такое срабатывание отображается на интерактивном интерфейсе/дисплее 51.

Топливо и активатор подают насосами по линиям 130, 230. Преобразователи давления 132, 232 измеряют давление в этих линиях для контроля и обеспечения, посредством блока управления 50, рабочего

давления в соплах.

Для измерения количества топлива и активатора на топливной линии 130 и линии активатора 230 предусмотрено наличие массовых расходомеров 134, 234, соответственно. На основании измеренного расхода топлива и активатора блоком управления 50 осуществляется определение реального отношения топливо/активатор и сравнение этой величины с изначально заданной величиной. Оптические датчики 133, 233 определяют наличие жидкостей в клапанных системах 132, 232, соответственно, сигнал, поступающий от этих датчиков, используется в блоке управления 50 для предотвращения нерегулируемого выделения газообразного водорода вследствие дисбаланса в отношении топливо/активатор из-за непредусмотренной подачи только топлива или только активатора.

Линия 230 для активатора, предпочтительно, снабжена фильтром, чтобы гарантировать, что качество воды в активаторе соответствует величине электропроводности  $<0,5$  мкСм, с тем, чтобы реакция между топливом и активатором могла быть завершена.

Выходные отверстия топливной линии 130 и линии 230 активатора, предпочтительно, снабжены обратными клапанами, предотвращающими утечку топлива или активатора. Следовательно, достигается постоянное давление открытия. Отношение топливо/активатор рассчитывается на основании измеренных объемов топлива и активатора, и вычисляется необходимое время открытия клапанов для топлива и активатора. Из соображений безопасности, перед открытием обратного клапана для топлива всегда открывают обратный клапан для активатора, и всегда закрывают его после закрытия обратного клапана для топлива.

Чтобы гарантировать, что отработавшее топливо полностью истощилось, его рециркулируют в мешалку по линии 420 при помощи насоса 425. В ходе этого промежуточного процесса уровень жидкости поддерживают между минимальным и максимальным при помощи реле уровня 724, 725. В процессе работы постоянная скорость подачи насоса рециркуляции поддерживается блоком управления 50 на основании сигнала, поступающего от тахометра. На основании определения мощности, потребляемой насосом при такой подаче, определяют также величину вязкости отработавшего топлива. При использовании "бедного" соотношения топливо/активатор, для полного выделения всего водорода, имеющегося в гидридном топливе, нужно дополнительное количество активатора. Это дополнительное количество активатора может регулироваться блоком управления 50 на основании вязкости отработавшего топлива.

При смешивании топлива и активатора газообразный водород выделяется мгновенно. Начало и остановка синхронной подачи топлива и активатора вызывает начало и остановку выделения газообразного водорода. Это позволяет регулировать данный процесс. Количество выделяющегося газообразного водорода зависит от количества поданного топлива, поскольку для завершения процесса нужно наличие избытка активатора в реакторе. Управление отработавшим топливом регулируется подобным образом. При приведении в действие клапанов 132 и 232 в топливной линии 130 и линии 230 активатора, давление, создаваемое насосом 235 в линии 230 активатора, становится достаточным для увеличения количества активатора и, тем самым, регулирования отношения топливо/активатор и регулирования вязкости.

Химическая реакция между топливом и активатором не зависит от давления, создаваемого в реакционной камере 400. Давление до 50 бар не влияет на намеченный диапазон регулирования. Давление водорода в реакторе также используют для вытеснения отработавшего топлива из реактора 400 в резервуар 300 для хранения отработавшего топлива по отводящей линии 430 и/или 440. Такое вытеснение регулируется путем приведения в действие выпускных клапанов 431 и/или 441.

Выходное отверстие реактора 400 снабжено фильтром 603 газ-жидкость для предотвращения выхода жидкостей из реактора. Поскольку этот фильтр может быть закупорен, в реакторе установлен первый преобразователь давления 711, а в линии 630 для газообразного водорода установлен второй преобразователь давления 712. При сравнении зафиксированных первым 711 и вторым 712 преобразователем давления кривых давления, блок управления 50 в соответствии с имеющимся алгоритмом может подать сигнал о разности давлений, указывающей, например, на закупоривание фильтра 603. Другая мера безопасности включает особый алгоритм блока управления, заключающийся в непрерывном соотношении роста давления с дозированием топлива и подаче сигнала о каком-либо неожиданном увеличении давления.

Как показано на фиг. 5А, смесительная камера 500 снабжена буферной камерой 600, в которой имеется преобразователь давления 715, предназначенный для определения давления в смесительной камере, и датчик температуры 716, предназначенный для определения температуры в смесительной камере.

Первый охлаждающий контур 510 соединен со смесительной камерой 500 и предназначен для отведения первой части тепла реакции между топливом и активатором, направляемой на рекуперацию. Первый охлаждающий контур 510 включает первый теплообменник 512, приводящий в действие генератор 513, преобразующий тепло в электроэнергию. Контур 510 дополнительно включает насос 515 для подачи охлаждающей жидкости с относительно низкой температурой в смесительную камеру 500.

Второй охлаждающий контур 460 соединен с охлаждающей спиралью 451, расположенной в приемной зоне 450, она отводит вторую часть тепла реакции между топливом и активатором. Вторым охлаждающий контур 460 включает второй теплообменник 462, который может быть использован для нагревания или сброса отведенного из приемной зоны тепла в окружающую среду. Контур 460 дополнительно включает насос 465 для подачи охлаждающей жидкости с относительно низкой температурой в охлаж-

дающую спираль 451. В приемной зоне 450 также имеется мешалка 406 для перемешивания и гомогенизации смеси топлива и активатора.

Газоотводная линия 630 снабжена третьим теплообменником 633, предназначенным для регулирования температуры водорода и, таким образом, содержания влаги в водороде, который выходит из буферной камеры 600. Третий теплообменник 630 может быть соединен с отдельным охлаждающим контуром (не показан), например, контуром кондиционирования воздуха транспортного средства.

Газоотводная линия 630 соединена с набором топливных элементов 650, 651, 652 через регулировочные клапаны 634, 635, 636 благодаря которым каждый из топливных элементов 650, 651, 652 может работать в соответствующем окне оптимальных эксплуатационных характеристик отдельно и независимо. Набор топливных элементов дополнительно снабжен линией 640 подачи окружающего воздуха, на которой имеется первый фильтр 641 для удаления из воздуха, забираемого в линию подачи, какой-либо пыли, насос 645 для нагнетания воздуха, второй фильтр 642 для активного удаления любых загрязняющих веществ, которые прошли сквозь фильтр 641 и которые могут ухудшить параметры работы топливных элементов 650, 651, 652, таких как сульфиды. Выходное отверстие набора топливных элементов соединено с четвертым теплообменником 660, предназначенным для конденсации воды на выходе из топливных элементов 650, 651, 652, в нем имеется входное отверстие 661 для входа потока из топливного элемента, первое выходное отверстие 662 для выхода относительно холодного и относительно сухого воздуха и второе выходное отверстие 663 для выхода сконденсировавшейся воды, которую насосом 665 подают в линию 230 активатора. Для предотвращения загрязнения сконденсировавшейся воды, подаваемой на смешивание, линия 230 активатора снабжена фильтром 236.

Соединительное устройство 114 снабжено беспроводным соединением 115 с дозправочным распределителем (не показан) и/или блоком управления 50.

На каждый килограмм образовавшегося водорода в системе, соответствующей настоящему изобретению, выделяется около 44 МДж тепла. Большая часть этого тепла образуется в мешалке, приводя к местному нагреву, превышающему 200°C, тогда как меньшая часть в конце концов оказывается в отработавшем топливе и водороде, имеющих температуру в диапазоне 40-60°C.

Следовательно, реакционную камеру, предпочтительно, снабжают первым теплообменником, предназначенным для отведения первой порции тепла реакции между топливом и активатором из реакционной камеры 1, и вторым теплообменником, предназначенным для отведения второй порции тепла реакции между топливом и активатором из мешалки 30 в реакционной камере. Благодаря надлежащему теплоносителю с температурой на входе, например, 80°C и температурой на выходе, например, 200°C, тепло первого теплообменника может быть направлено в термодинамический цикл, такой как органический цикл Ренкина или цикл Калина, соединенный с паровой турбиной, приводящей в действие генератор, вырабатывающий электроэнергию. В качестве альтернативы, тепло первого теплообменника может быть использовано в термоэлектрическом устройстве для непосредственного преобразования тепла в электроэнергию, либо может быть поделено между термодинамическим циклом и термоэлектрическим устройством. Конечно, наибольшая теплопередача достигается при противотоке теплоносителя относительно потока топлива.

Максимальная температура водорода на выходе из реакционной камеры, предпочтительно, ограничивается 40°C, чтобы предотвратить поломку следующего по потоку оборудования, такого как мембрана топливного элемента. Благодаря надлежащему теплоносителю с температурой на входе, например, 200°C и температурой на выходе, например, 40°C, водород, а затем и отработавшее топливо, охлаждается до температуры на выходе, например, 60°C. Тепло второго теплообменника используют для нагревания и/или сбрасывают в окружающую среду.

Цикл Ренкина представляет собой термодинамический процесс преобразования (остаточного) тепла в работу. На практике, среду, такую как вода, переводят в перегретый пар путем нагревания до температуры, намного превышающей температуру кипения. Перегретый пар подают в паровую турбину, приводящую в действие генератор, где объем пара увеличивается. Пар с увеличенным объемом затем конденсируют и насосом подают в испаритель, где цикл повторяется. Пар перегревают для предотвращения конденсации в паровой турбине.

При эксплуатации системы, соответствующей фиг. 4, 5 и 6, следует использовать следующие параметры:

- объемное отношение топливо/активатор (по умолчанию) 100/90;
- давление открытия перепускной линии для топлива 8,0 бар;
- давление открытия перепускной линии активатора 9,0 бар;
- нижний уровень регулирования давления в реакционной камере 4,5 бар;
- верхний уровень регулирования давления в реакционной камере 5,0 бар;
- нижний уровень давления в реакционной камере для подачи аварийного сигнала 4,0 бар;
- верхний уровень давления в реакционной камере для подачи аварийного сигнала 6 бар;
- уровень срабатывания механического клапана сброса давления реакционной камеры 8 бар;
- верхнее значение давления в реакционной камере для прекращения подачи активатора >5 бар;
- верхнее значение давления в реакционной камере для прекращения подачи топлива >5 бар;

давление редукционного клапана 0,5 бар;  
 верхнее значение давления в резервуаре для хранения топлива и отработавшего топлива для подачи аварийного сигнала 4,5 бар;

уровень срабатывания механического клапана сброса давления в резервуаре для хранения топлива и отработавшего топлива 7 бар;

верхний уровень температуры в реакционной камере 80°C;

давление нагнетания азота в резервуары для хранения 3 бар;

диапазон регулирования давления нагнетания азота в резервуары для хранения 3,0-3,2 бар;

При эксплуатации системы, соответствующей фиг. 4-6, во время запуска системы должны быть выполнены следующие операции:

1. При включении электропитания происходит проверка всех датчиков системой управления 50.
2. Датчики уровня 721, 722 и 723 указывают количество топлива, активатора и отработавшего топлива в резервуарах для хранения 100, 200 и 300.
3. Преобразователь давления 342 измеряет реальное давление в резервуарах для хранения 100-300.
4. Преобразователи давления 132, 232 измеряют реальное давление в линиях для топлива и активатора 130, 230.
5. Преобразователи давления 711, 712 измеряют реальное давление в реакционной камере. Производится сравнение (проверка) давления выше и ниже по потоку в соответствии с показаниями преобразователей давления 711, 712, выбирается наилучшая величина.
6. Если давление в соответствии с показаниями преобразователей давления 711, 712 отличается больше, чем, например, на 10%, на пользовательский интерфейс/дисплей 51 подается сигнал раннего предупреждения о закупоривании фильтра 603.
7. Если эта явная разность давлений сохраняется или увеличивается, фильтр 603 следует заменить.
8. Датчики уровня 724-725 указывают количество отработавшего топлива, собравшегося в реакционной камере 400.
9. Оптические датчики 133, 233 определяют наличие жидкости в топливной линии 130 и линии 230 активатора.
10. Если датчики уровня фиксируют отсутствие жидкости (топлива или активатора), приводятся в действие соответствующие регулировочный клапан и насос на срок, пока датчик уровня не зафиксирует наличие жидкости или пока не истечет стандартный период времени. Если датчик уровня по-прежнему фиксирует отсутствие жидкости, система не запускается, и поступает сигнал и пустой(ых) линии(ях).
11. Датчик температуры 714 измеряет температуру в линии активатора.
12. Датчик температуры 716 измеряет температуру в реакторе.
13. Если операции 1-12 соответствуют диапазону регулирования, происходит запуск системы.
14. Происходит запуск топливного насоса 135 и насоса 235 для активатора (и крыльчатого колеса 306 или насоса 325 повторного смешивания для отработавшего топлива), начиная автоматическую рециркуляцию топлива и активатора, определяемую давлением открытия клапанов в перепускных линиях для топлива и активатора.
15. На основании отношения топливо/активатор устанавливается время открытия клапана для активатора.
16. Расходование водорода вызывает падение давления в реакционной камере ниже верхнего уровня регулирования давления, измеряемого преобразователями давления 711, 712, при котором приводятся в действие регулировочные клапаны 132, 232 в линиях для топлива и активатора.
17. Регулировочный клапан 132 в топливной линии может быть приведен в действие, если приведен в действие регулировочный клапан 232 в линии активатора, регулировочный клапан в линии активатора может быть закрыт только тогда, когда закрыт регулировочный клапан в топливной линии.
18. Начинается подача топлива и активатора, что фиксируется объемными расходомерами в топливной линии и линии активатора.
19. Соотношение топлива и активатора регулируется через время открытия клапанов 132 и 232 на основании объемов, измеренных этими расходомерами.
20. Давление в топливной линии ограничивается 8,0 бар, давление в линии активатора ограничивается 9,0 бар при помощи клапанов в соответствующих перепускных линиях.
21. (Уточненное) время открытия клапана для топлива является причиной несовпадения рассчитанного и заданного по умолчанию отношения топливо/активатор. Время открытия клапана для активатора уточняется так, чтобы компенсировать это расхождение.
22. Вследствие выделения водорода давление в реакционной камере увеличивается.
23. Во время запуска не происходит никаких операций, пока давление в реакционной камере увеличивается до величины, превышающей нижний уровень давления для подачи аварийного сигнала (например, 4,0 бар).
24. По достижении нижнего уровня регулирования давления в реакционной камере (например, 4,5 бар), приводится в действие клапан 631 для отведения газа, и становится возможной подача водорода через редукционный клапан 632, например, при 3 бар, например, в двигатель или топливный элемент.

Когда система полностью задействована, выполняются следующие операции:

25. Время открытия клапанов для топлива и активатора регулируется в режиме "главный-подчиненный" в соответствии с операциями 16-21.

26. В качестве проверки механизма регулирования, показания объемных расходомеров для топлива и активатора могут обобщаться в динамике по времени и корректироваться в соответствии с объемным отношением топливо/активатор 100/110.

27. В ходе эксплуатации отработавшее топливо собирается в приемной зоне 450.

28. При превышении нижнего уровня для подачи аварийного сигнала в приемной зоне 450 приводится в действие регулировочный клапан в перепускной линии 420 и насос 425 повторного смешивания отработавшего топлива.

29. Происходит измерение потребляемой крыльчатým колесом реактора (или рециркуляционным насосом 425) мощности (а также подачи насоса (дискон Нипкова)).

30. Происходит определение реальной вязкости отработавшего топлива на основании величин, полученных на этапах 27-28.

31. Величину реальной вязкости, полученную на этапе 29, сравнивают с заданной величиной.

32. Если реальная вязкость выше, чем заданная величина, в смесительную камеру подается дополнительное количество активатора (сверх заданного по умолчанию объемного отношения) до достижения объемного отношения топливо активатор 100/110 или до тех пор, пока реальная вязкость не станет равна заданной.

33. По достижении в приемной зоне 450 верхнего контрольного уровня жидкости приводится в действие выпускной клапан 431, в результате давление реакционной зоны выдавливает отработавшее топливо по линии 430 из приемной зоны 450 в резервуар 300 для хранения отработавшего топлива.

34. Когда уровень отработавшего топлива в приемной зоне достигает нижнего контрольного уровня жидкости, выпускной клапан (431) закрывают.

Для обеспечения безопасной эксплуатации выполняются следующие операции:

35. Резервуар 100 для хранения топлива, предпочтительно, продувают азотом через вспомогательное соединительное устройство соединительного устройства 114 до заправки топливом, а после заправки линию подачи 110, предпочтительно, продувают азотом с тем, чтобы исключить контакт между топливом и окружающим воздухом и создать поверх топлива изолирующий слой азота, предотвращающий образование взрывчатых смесей водорода и воздуха.

36. Все датчики и исполнительные механизмы, предпочтительно, взрывобезопасные.

37. При выкачивании топлива и активатора из резервуаров 100 и 200 для хранения и отведении отработавшего топлива в резервуар 300 для хранения, общий объем изменяется, следовательно, изменяется давление изолирующего азота над жидкостью. Клапан 343 приводится в действие датчиком давления 342 и позволяет поддерживать давление не выше 3,2 бар. При достижении в резервуаре для хранения отработавшего топлива верхнего уровня давления для подачи аварийного сигнала, на пользовательский интерфейс/дисплей 51 поступает сигнал раннего оповещения о том, что в отработавшем топливе содержится непрореагировавшее топливо, приводится в действие регулировочный клапан 132, который остается открытым до тех пор, пока стандартный объем активатора не будет подан насосом в реакционную камеру.

38. Если, несмотря на операцию 37, давление в резервуаре для хранения отработавшего топлива продолжает увеличиваться до аварийного уровня давления (например, 7 бар), открывается клапан сброса давления, позволяющий выпустить водород из системы.

39. По достижении верхнего уровня давления в реакционной камере для подачи аварийного сигнала (например, 6 бар), необходимо немедленно прекратить образование водорода, следовательно, регулировочные клапаны 132, 232 на топливной линии и линии активатора закрывают, соответственно, насос для топлива 135 и насос для активатора 235 останавливают.

40. Если, несмотря на операцию 39, давление в реакционной камере продолжает увеличиваться до аварийного уровня давления (например, 8 бар), открывается клапан 602 сброса давления, позволяющий выпустить водород из системы и предотвращающий рост давления до опасного уровня.

41. О любом чрезмерном повышении давления подается сигнал на пользовательский интерфейс/дисплей 51, при этом подразумевается, что необходимо отрегулировать соотношение топливо/активатор.

42. После того, как давление в реакционной камере снижается ниже верхнего значения давления для прекращения подачи активатора, снова запускается насос 235 для подачи активатора, приводится в действие регулировочный клапан 231, остающийся открытым до тех пор, пока стандартный объем активатора не будет подан в реакционную камеру.

43. После того, как давление в реакционной камере снижается ниже верхнего значения давления для прекращения подачи топлива, снова запускается топливный насос 135.

44. После того, как давление в реакционной камере снижается ниже верхнего уровня регулирования давления, возобновляется штатный режим работы в соответствии с пунктом 25.

45. Величины, регистрируемые датчиками уровня жидкости 721, 722, 723 (уровень в резервуарах для хранения топлива, активатора и отработавшего топлива), постоянно сравниваются.

46. Если величина (100 минус уровень в резервуаре для хранения отработавшего топлива) отклоняется более, чем, например, на 10% от уровня в резервуаре для хранения топлива или активатора, на пользовательский интерфейс/дисплей 51 поступает сигнал раннего оповещения о наличии у выпускного клапана 431 отложений, ограничивающих поток отработавшего топлива по линии 430.

47. В этом случае выпускной клапан 431 может быть промыт путем приведения в действие регулировочного клапана 411, открывающего поток активатора из резервуара 200 для хранения активатора по линии 410 в реакционную камеру 400.

48. По достижении в приемной зоне 450 верхнего уровня жидкости для подачи аварийного сигнала, приводится в действие второй выпускной клапан 441, при открытии которого давление в реакционной зоне вытесняет отработавшее топливо из приемной зоны 450 по линии 440 в резервуар 300 для хранения отработавшего топлива.

49. В этом случае может быть повторена операция 47.

50. После того, как уровень отработавшего топлива в приемной зоне достигает нижнего уровня регулирования, выпускные клапаны 431, 441 закрываются.

51. Сигнал о любом аварийном изменении уровня жидкости поступает на пользовательский интерфейс/дисплей 51 и подразумевает, что выпускной клапан 431 заблокирован отложениями отработавшего топлива.

52. При достижении в реакционной камере 400 верхнего уровня температуры, приводится в действие средство охлаждения, работающее до тех пор, пока температура не упадет ниже этого уровня.

Настоящая система может быть остановлена в любое время, в каком-либо случае давление в системе автоматически устанавливается на максимуме диапазона регулирования.

Для заправки или опорожнения выполняются следующие операции:

53. Сигнал о низком уровне топлива и/или активатора поступает на пользовательский интерфейс/дисплей 51.

54. На заправочной станции единое соединительное устройство 114 соединяют с соединительным устройством наружного источника подачи топлива, активатора и азота, а также наружным сборником отработавшего топлива, в одно и то же время.

55. Предпочтительно, автоматически устанавливается канал передачи данных, такой как телеметрическая линия, для обмена данными о давлении, уровнях жидкости, качестве топлива и т.д. в системе. Канал передачи данных может предусматривать переход на ручное управление.

56. Топливо и активатор одновременно подают в резервуары 100 для топлива и 200 для активатора, в то время как отработавшее топливо сливается из резервуара 300 для хранения отработавшего топлива.

57. В резервуарах для хранения поддерживается изолирующий слой азота, подаваемого из наружного источника азота под давлением 3 бар.

58. Показания датчиков уровня жидкости 721, 722, 723 (уровни в резервуарах для хранения топлива, активатора и отработавшего топлива) непрерывно сравниваются.

59. Если величина (100 минус уровень в резервуаре для хранения отработавшего топлива) отклоняется более, чем, например, на 10% от уровня в резервуаре для хранения топлива или активатора, на пользовательский интерфейс/дисплей 51 поступает сигнал раннего оповещения о наличии отложений в резервуаре для хранения отработавшего топлива, ограничивающих поток отработавшего топлива через клапан 331.

60. В таком случае выпускной клапан 331 и/или резервуар 300 для хранения отработавшего топлива может быть промыт путем подачи воды через единое соединительное устройство 114 в резервуар для хранения отработавшего топлива.

61. По достижении максимального уровня топлива и активатора подачу топлива в резервуар для хранения 100 и активатора в резервуар для хранения 200 прекращают.

62. По достижении минимального уровня отработавшего топлива слив отработавшего топлива в наружный сборник отработавшего топлива прекращают.

63. Единое соединительное устройство 114 отсоединяют от соединительного устройства наружного источника подачи топлива, активатора и азота, а также наружного сборника отработавшего топлива.

Для безопасного хранения следует принять во внимание следующие операции:

64. По достижении верхнего уровня давления для подачи аварийного сигнала в резервуаре 300 для хранения отработавшего топлива (например, 4,5 бар), водород может быть выпущен путем приведения в действие дополнительного регулировочного клапана в верхней части резервуара для хранения отработавшего топлива.

65. Если, несмотря на операцию 64, давление в резервуаре для хранения отработавшего топлива продолжает расти и достигает аварийного уровня срабатывания (например, 7 бар), открывается клапан 341 сброса давления, открывающий сброс водорода из резервуара для хранения отработавшего топлива, что предотвращает рост давления до опасного уровня.

66. О любом чрезмерном повышении давления подается сигнал на пользовательский интерфейс/дисплей 51.

67. Каждое выходное отверстие для водорода резервуаров для хранения 100, 200 и 300 снабжено

дополнительным мембранным фильтром для тщательного отделения жидкостей.

Все упомянутые операции, предпочтительно, снабжены управляющими таблицами, содержащими параметры регулирования, настройки управления и уровни срабатывания для различных датчиков и исполнительных механизмов. Таким образом, в результате сравнения измеренных параметров регулирования с настройками управления и уровнями срабатывания в контуре управления могут быть получены величины "да" или "нет".

Конструкция, предназначенная для автомобилей, может предусматривать мягкие резервуары, заключенные в жесткий контейнер, пространство которого сначала занято топливом и активатором, а по мере их расходования это пространство постепенно занимает отработавшее топливо. Объем отработавшего топлива всегда меньше, чем соответствующий объем топлива и активатора.

На фиг. 7 показан возможный вариант осуществления такого бака 800 для автомобилей. Бак 800 включает наружную оболочку 801, которая обеспечивает жесткость и защиту элементов, находящихся внутри бака 800.

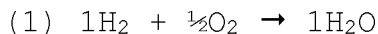
В баке находится мягкий резервуар 100 для топлива, мягкий резервуар 200 для активатора и мягкий резервуар 300 для отработавшего топлива. В целях безопасности дополнительно установлен датчик 804, фиксирующий возможное присутствие в баке 800 влаги. Бак также может быть снабжен средством нагревания, чтобы этот бак 800 можно было использовать при низких температурах.

Использование мягких резервуаров 100, 200 и 300 позволяет свести к минимуму объем, занимаемый баком 800. До начала использования системы резервуар 100 для хранения топлива и резервуар 200 для хранения активатора, в которых находится жидкость, занимают определенный объем. В это время резервуар 300 для хранения отработавшего топлива пустой. В ходе эксплуатации резервуар 100 для хранения топлива и резервуар 200 для хранения активатора опорожняются, в то же время, резервуар 300 для хранения отработавшего топлива заполняется. При использовании мягких стенок, которые изгибаются соответственно степени наполнения резервуаров 100, 200, 300, начальное пространство, необходимое для размещения резервуаров 100, 200, 300 может быть сведено к минимуму.

Бак 800 может использоваться в сочетании с топливным элементом, в котором потребляется водород, образующийся в системе, соответствующей настоящему изобретению.

Возможно извлекать воду, которая была использована в топливном элементе, чтобы повторно использовать ее в качестве активатора.

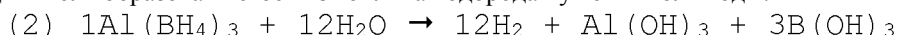
В топливном элементе водород вступает в реакцию с кислородом воздуха с образованием воды, выделением электроэнергии и некоторого количества тепла.



До настоящего времени извлечению образующейся воды уделялось очень мало внимания, так как воду используют, главным образом, для увлажнения мембран топливного элемента с целью поддержания их электропроводности. При использовании топлива для получения водорода по мере его потребления, воду используют в качестве активатора. При уменьшении общего количества топлива в машине, в особенности, при уменьшении количества воды, повышается удельная энергия на единицу объема и удельная энергия на единицу массы топливной системы.

Представляется, что, независимо от того, с какой массой или объемом машина уезжает или прибывает, эту массу или объем нужно перевозить, однако, требуется наличие полного бака при отпращивании.

На каждый моль образовавшегося из топлива водорода нужен 1 моль воды.



Таким образом, вода, образовавшаяся в топливном элементе по уравнению (1), может быть повторно использована для получения водорода по уравнению (2). Окружающий воздух содержит 20,95% кислорода, что при условиях окружающей среды (20°C, 1 бар) в соответствии с уравнением

$$(3) \quad p \times V = n \times R \times T$$

соответствует 8,6 молям ( $100000 \times 20,95\% / 8,314 \times 293$ ).

При тех же условиях 1 м<sup>3</sup> воздуха соответствует 41,05 молям (8,6/20,95%). Следовательно, для взаимодействия одного кг водорода ( $1000/2,016=496$  молей) с окружающим воздухом в равном отношении воздух/топливо нужно 28,8 м<sup>3</sup> воздуха ( $496 \times 8,6$ ), из которых потребляется 20,95%.

Принимая, что условия на выходе топливного элемента это 40°C при 1 бар, получаем 24,4 м<sup>3</sup> воздуха ( $(1-20,95\%) \times 28,8 \times 313/293$ ), содержащего 8,9 кг воды ( $496 \times 18,015/1000$ ) или 367 г/м<sup>3</sup>. При 60°C объем воздуха равен 25,9 м<sup>3</sup> ( $24,4 \times 333/313$ ), в нем содержится 345 г/м<sup>3</sup> воды, при 80°C 27,5 м<sup>3</sup> ( $24,4 \times 353/313$ ) и 325 г/м<sup>3</sup> воды.

Ясно, что при одинаковом отношении воздух/топливо, топливный элемент, даже работающий при 80°C, производит воду в количестве, превышающем уровень насыщения воздуха. Для полного преобразования всего водорода отношение воздух/топливо, обычно, поддерживают в диапазоне от 1,1 до 1,5. При дальнейшем увеличении отношения воздух/топливо содержание воды может быть снижено до уровня насыщения.

При 40°C это отношение должно быть увеличено в 7,3 раз (367/51), при 60°C - увеличено в 2,7 раз (345/128), при 80°C - увеличено в 1,1 раза (325/287). Эти величины очень хорошо согласуются с величинами



нами отношения воздух/топливо, необходимыми для отведения тепла, выделяемого топливным элементом, что, принимая эффективность топливного элемента равной 80%, составляет 24 МДж (120×20%).

На фиг. 8 и 9 показаны схемы подачи топлива на автозаправочную станцию и подачи топлива в транспортное средство на автозаправочной станции.

Подача топлива в транспортное средство на автозаправочной станции может включать операции подсоединения соединительной линии к топливному баку автомобиля, указанная соединительная линия обеспечивает узловое соединение для топлива, воды и отработавшего топлива между топливной цистерной, цистерной для воды и цистерной для отработавшего топлива автозаправочной станции и резервуаром для топлива, резервуаром для воды и резервуаром для отработавшего топлива топливного бака автомобиля, а также беспроводное электронное соединение между блоком управления автомобиля и распределителем автозаправочной станции, после чего осуществляется слив отработавшего топлива из резервуара для отработавшего топлива топливного бака, сопровождаемый автоматической промывкой соответствующей части соединительной линии водой, затем осуществляется заполнение резервуаров для топлива и активатора топливного бака топливом и (например) водой через предназначенные для воды и топлива части соединительной линии, промывка предназначенных для воды и топлива частей соединительной линии водой и минеральным маслом и, наконец, отсоединение соединительной линии, промывка соединительного устройства топливного бака водой и размыкание беспроводного электронного соединения между блоком управления автомобиля и распределителем автозаправочной станции. Посредством беспроводного соединения может быть осуществлен обмен данными между распределителем и блоком управления, касающимися, например, уровня заполнения бака, отношения топливо-активатор и т.д.

Та же последовательность операций выполняется при обмене топливом, водой и отработавшим топливом между автомобильной цистерной и автозаправочной станцией. Однако, также возможно, что на автозаправочной станции готовят свою активирующую жидкость, то есть имеется возможность очистки воды до необходимой степени чистоты любым описанным выше способом. В этом случае, нет необходимости поставлять на автозаправочную станцию воду при помощи автомобильной цистерны.

Описанные операции, предпочтительно, выполняют, используя распределитель, снабженный отдельными линиями, заключенными в единую трубчатую оболочку и соединенными с уникальным соединительным элементом для одновременной подачи топлива, активирующей жидкости и газообразного азота для изолирования и слива отработавшего топлива. Соединительное устройство распределителя, включающее все эти вспомогательные соединительные устройства, может быть соединено с соединительным устройством автомобиля одним возможным образом, и, при условии надлежащего герметичного соединения соединительного устройства распределителя с соединительным устройством автомобиля, топливо, активирующая жидкость и газообразный водород могут быть заправлены, а отработавшее топливо слито.

Воду сверхвысокой чистоты, предпочтительно, производят непосредственно на автозаправочной станции, используя надлежащие фильтры и/или электродеионизационное оборудование. Качество воды сверхвысокой чистоты, предпочтительно, контролируют при помощи датчиков для измерения электропроводности. Максимальная электропроводность составляет 0,5 микроСименс.

На фиг. 8 схематически показана подача топлива в автомобиль. На фиг. 9 схематически показана подача топлива из автоцистерны на автозаправочную станцию.

На фиг. 8 и 9 блоки A-I означают:

A. соединение единой соединительной линии, включающей отдельные каналы для одновременной подачи топлива, активирующей жидкости и изолирующего газа в топливный бак автомобиля и слива отработавшего топлива из топливного бака автомобиля, указанная единая соединительная линия обеспечивает узловое соединение между топливной цистерной, цистерной для активирующей жидкости, цистерной для отработавшего топлива и газовым резервуаром автозаправочной станции и резервуаром для топлива, резервуаром для активатора и резервуаром для отработавшего топлива топливного бака автомобиля, а также беспроводное электронное соединение между блоком управления автомобиля и распределителем автозаправочной станции,

B. отведение отработавшего топлива из резервуара для отработавшего топлива топливного бака через канал для отработавшего топлива соединительной линии,

C. промывка канала для отработавшего топлива соединительной линии водой,

D. заполнение резервуара для топлива топливного бака топливом по каналу для топлива соединительной линии,

E. заполнение резервуара для активатора топливного бака активирующей жидкостью по каналу для активатора соединительной линии,

F. поддержание минимального давления изолирующего газа с одновременным сбросом обратного потока изолирующего газа в окружающую среду,

G. промывка канала для топлива соединительной линии минеральным маслом,

H. промывка канала для активатора соединительной линии водой и, в заключении,

I. отсоединение единой соединительной линии, промывка соединительного устройства топливного бака водой и размыкание беспроводного электронного соединения между блоком управления автомоби-

ля и распределителем автозаправочной станции.

В системе, соответствующей настоящему изобретению, используют водородсодержащее топливо. После производства это топливо хранят под слоем азота в закрытом контейнере. При использовании, например, боргидрида алюминия, следует отметить, что, поскольку боргидрид алюминия в любых пропорциях смешивается с минеральным маслом, это топливо не разделяется во время хранения. Активатор в любых пропорциях смешивается с водой и также не разделяется во время хранения. Если топливо хранится в соответствии с вышеописанным, система является устойчивой в течение длительного периода времени, а риск непредусмотренного выделения водорода вследствие контакта с влагой или повышения температуры ничтожен. Описанный режим хранения также применим в ходе отладки и не сказывается на преднамеренном выделении водорода в процессе использования.

Это топливо можно транспортировать в секционированных цистернах по железным, автомобильным дорогам или по воде. Рециркулированный гликоль, предназначенный для смешивания с очищенной водой на месте, может транспортироваться одновременно в отдельном резервуаре. После разгрузки топлива и гликоля на автозаправочной станции, отработавшее топливо может быть загружено либо в отдельный резервуар, либо в топливный резервуар после их промывки.

Состав топлива допускает температуру до 65°C. При более высокой температуре, до 80°C, ее влияние может быть нейтрализовано путем повышения давления изолирующего азота до 3-5 бар максимум. Очевидно, что контейнер для хранения должен выдерживать такое давление. При более высокой температуре выделение водорода ускоряется.

К преимуществам водородсодержащего топлива относятся:

- простота обращения с жидкостями;
- высокая эффективность транспортировки и подачи насосами при хранении;
- минимальные расходы при транспортировке и хранении благодаря высокому содержанию водорода;
- небольшой объем технического обслуживания благодаря низкому давлению (отсутствует водородное охрупчивание).

Хранение чистых неразбавленных гидридов сопряжено с высоким риском непредусмотренного выделения водорода при контакте с влагой или повышении температуры.

Содержание водорода можно контролировать путем определения количества водорода, выделяемого стандартным количеством топлива при стандартном избытке активатора. Качество активатора можно определить при помощи кондуктометра. Выход водорода можно контролировать путем измерения увеличения давления в реакторе при известном количестве топлива.

Хотя предпочтительным активатором для данного топлива является вода, в силу высокого содержания извлекаемых протонов и высокой реакционной способности, температурный диапазон чистой воды ограничен. По этой причине добавляют гликоль, увеличивающий температурный диапазон до -40°C. Гликоль также содержит извлекаемые протоны и, следовательно, также может быть использован в качестве активатора.

К дополнительным альтернативным активаторам относятся: аммиак и спирты, такие как метанол и этанол. Аммиак является токсичным газом. Спирты имеют более низкую температуру кипения, чем гликоль.

Чистая вода может быть получена на месте путем электродеионизации воды, прошедшей обратно-осмотическую обработку или фильтрацию. Обычно, деионизационная система включает работающие попеременно двоянные колонны, которые могут дублировать друг друга. В качестве альтернативы, как дублирующее средство может быть использован фильтр Пола (Pall). Получаемая вода должна иметь очень низкую электропроводность.

Активатор может содержать кислоты, облегчающие растворение нерастворимых материалов, например, оксидов металлов. Нагревание активатора ускоряет выделение водорода. Активатор можно рециркулировать через фильтр, предотвращающий размножение бактерий.

Тепло, выделяющееся при взаимодействии топлива и активатора, может быть снято при помощи теплообменника и/или теплового насоса. Это тепло никоим образом не влияет на процесс выделения водорода. При использовании элемента Зеебека снятое тепло может быть преобразовано в электроэнергию, которая может быть использована для питания, например, электродвигателя (наиболее эффективно) или для подзарядки аккумулятора. Такое использование тепла повышает энергетический КПД топлива.

Отработавшее топливо содержит минеральное масло, гидроксид алюминия, борную кислоту и бораты гликоля. Отработавшее топливо можно хранить длительное время. Минеральное масло и/или твердая фаза при хранении могут быть отделены. Отработавшее топливо можно собирать для повторного использования. Повторное использование включает следующие операции:

- отделение твердого гидроксида алюминия;
- сушка гидроксида алюминия с получением глинозема (сырья для получения алюминия);
- отделение минерального масла для повторного использования;
- замещение оставшейся смеси боратов метанолом (сырье для боргидрида) с получением гликоля для повторного использования.

Отработавшее топливо может быть повторно использовано без каких-либо ограничений, снова и

снова. Потери при рециркуляции исходных материалов оцениваются как не превышающие 0,01%.

Далее приводятся два примера использования топливной системы настоящего изобретения:

Пример I: Боргидрид кальция диспергируют в среде, предпочтительно подобранной из группы (минеральных) масел с плотностью в диапазоне 0,7-0,8. Коллоидальная дисперсия топлива, предпочтительно, представляет собой вязкую жидкость, не содержащую летучих органических соединений (ЛОС), то есть, низкомолекулярных простых эфиров, спиртов и углеводов.

Вода наивысшей возможной степени чистоты, используемая в качестве активатора для данной топливной дисперсии, обеспечивает наиболее быструю реакцию с топливом и наименьшее количество примесей.

Предпочтительно, дисперсию и воду смешивают под давлением, чтобы смыть масло с поверхности диспергированной твердой фазы и открыть поверхность твердой фазы воздействию воды, с которой она затем вступает в реакцию с образованием водорода. Взаимодействие между маслом и твердой фазой должно быть обратимым. Путем добавления эмульгатора поверхность твердой фазы можно быстро обезжирить, открывая возможность мгновенному взаимодействию с водой и мгновенному образованию газообразного водорода.

Добавляют, предпочтительно, небольшой избыток воды, чтобы обеспечить полное преобразование всего топлива.

70% дисперсия боргидрата кальция в минеральном масле характеризуется удельной энергоемкостью 5,4 кВт·ч/кг. После смешивания с эквивалентным количеством воды (0,7 кг/кг) удельная энергоемкость системы составляет  $5,4/1,7 = 3,2$  кВт·ч/кг. Это соответствует требованию DoE в 3 кВт·ч/кг.

Чтобы удовлетворить требование в отношении нижней рабочей температуры, может быть добавлено такое вещество, как этиленгликоль (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>, относительная плотность 1,1, температура кипения 197,3°C, молекулярная масса 62,07). Общая формула для расчета температуры замерзания дисперсии:

$$\Delta T = K \cdot \frac{m}{M},$$

где:  $\Delta T$  = температура замерзания дисперсии в К,

K = молярный коэффициент температуры замерзания (1,86 К/моль для гликоля в воде),

m = масса растворенного вещества в 1,0 кг воды,

M = молярная масса растворенного вещества (62,07 для гликоля).

В результате преобразования общей формулы получаем:

Чтобы температура замерзания дисперсии составляла 20°C, необходимо добавить 667,4 г гликоля на кг воды. При этом вода разбавляется:  $1000/1667,4 = 599,3$  г воды на кг (~60%). Для 70% дисперсии боргидрида кальция в минеральном масле, при эквивалентном количестве воды (0,7 кг/кг), таким образом, требуется  $0,7/60\% = 1,167$  кг зимней смеси вода/гликоль. Удельная энергоемкость полученной системы составляет 2,5 кВт·ч/кг.

При температуре окружающей среды давление паров этиленгликоля равно 0,5 кПа. Теоретически, при этом газообразный водород будет содержать 0,5% гликоля, который нужно от него отделить.

В качестве альтернативы, резервуар для активатора можно нагреть при помощи нагревательного устройства, такого как электрическая нагревательная спираль.

Пример II: Боргидрид алюминия содержит 33,8% вес. водорода, что соответствует 11,3 кВт·ч/кг. Его нужно смешать с полуторным количеством воды, чтобы выделился весь водород, в результате, содержание водорода в системе топливо-активатор составляет 13,5% вес. при удельной энергоемкости 4,5 кВт·ч/кг.

Боргидрид алюминия (Al(BH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, номер по Chemical Abstracts 16962-07-5) представляет собой жидкое соединение с температурой плавления -64,5 градусов Цельсия и температурой кипения 44,5 градусов Цельсия. Давление паров этого материала при условиях окружающей среды значительное, не говоря уже о странах, где средняя температура окружающей среды выше.

Поскольку хранение чистых неразбавленных гидридов сопряжено с высоким риском непредусмотренного выделения водорода вследствие контакта с влагой или повышения температуры, необходимо принять меры предосторожности, направленные на предотвращение спонтанного испарения. В случае боргидрида алюминия, эффективной мерой может быть смешивание боргидрида алюминия с инертной жидкостью-носителем, такой как минеральное масло. Благодаря этому повышается температура кипения, по оценке, на 4°C/моль/кг боргидрида алюминия. При 30% минерального масла, приблизительно, 3 моля минерального масла добавляются к 0,7 кг боргидрида алюминия. В результате, теоретическое увеличение температуры кипения составляет  $4 \times 3/0,7 = 17^\circ\text{C}$ , доводя температуру кипения жидкой смеси до 62°C с давлением паров 155 мбар при 0°C.

Кроме того, эту жидкую смесь хранят под слоем азота в закрытом контейнере. При увеличении давления изолирующего азота до 3-5 бар, температура кипения еще увеличивается, а давление паров уменьшается. Такой способ хранения не сказывается на преднамеренном выделении водорода в процессе использования. Следовательно, в компании H2FUEL убеждены, что конечная цель в отношении максимальной рабочей температуры, то есть заданная температура окружающего воздуха плюс полная сол-

нечная нагрузка, поставленная DoE и равная 60°C, может быть достигнута.

Таким образом, 70% дисперсия боргидрида алюминия в минеральном масле обладает удельной энергоемкостью 6,6 кВт·ч/кг. При смешивании с водой (0,7\*1,5 кг/кг) образуется система с удельной энергоемкостью 3,2 кВт·ч/кг (9,6% водорода).

Количество воды (1,05 кг/кг) для зимней смеси становится равным  $1,05/60\% = 1,75$  кг, что дает системе с удельной энергоемкостью 2,4 кВт·ч/кг (7,2% водорода).

Альтернативные топлива включают боргидрид лития и боргидрид магния. При 70% дисперсии этих топлив в минеральном масле может быть получена топливная система с удельной энергоемкостью 3,9 кВт·ч/кг (11,8% водорода) и 3,6 кВт·ч/кг (10,9% водорода), соответственно. Зимняя смесь в этом случае будет иметь удельную энергоемкость 3,3 кВт·ч/кг (9,9% водорода) для лития и 3,1 кВт·ч/кг (9,3% водорода) для магния.

Обычно, это топливо может быть получено из исходного твердого топлива, предпочтительно, в порошкообразной или гранулированной форме, путем добавления надлежащего количества (предпочтительно, самодиспергирующей) диспергирующей среды (и неионогенного диспергирующего средства, например, неионогенного поверхностно-активного вещества, такого как нонилфенолэтоксилат, содержащего, приблизительно, 8 звеньев этиленоксида и концевую ОН-группу, предпочтительно, блокированную метильной группой для предотвращения реакции ОН-группы с топливом). Конечная концентрация топлива составляет 70-75%, концентрация диспергирующего средства 1-10%, предпочтительно, 1-5%, наиболее предпочтительно, 1-2%. Компоненты смешивают в мешалке с большими сдвиговыми усилиями, такой как мешалка с ротором и статором. Размер частиц твердого топлива может быть уменьшен, приблизительно, до 1 мкм при помощи, например, шаровой мельницы.

Остаточные продукты реакции гидридов металлов с водой представляют собой гидроксиды металлов  $M(OH)_x$ , а остаточные продукты реакции боргидридов металлов с водой представляют собой бораты металлов  $M(BO_2)_x$ . Эти остаточные продукты составляют твердую фазу, которая, предпочтительно, диспергирована в диспергирующей среде. Остаточные продукты могут быть регенерированы. Следовательно, отработавшее топливо может быть собрано в резервуаре, из которого его сливают во время дозаправки топливного бака. Собранное отработавшее топливо может быть подвергнуто обработке в специализированной технологической установке, в которой осуществляют отделение индивидуальных компонентов, например, путем центрифугирования.

Водород, выделившийся из топлива настоящего изобретения, в случае применения устройства настоящего изобретения, может быть использован в топливном элементе для выработки электроэнергии и/или в двигателе внутреннего сгорания для создания движущей силы. Этот водород также может быть использован в каталитическом конвертере для выработки тепла. Во всех случаях водород соединяется с кислородом окружающего воздуха с образованием воды и выделением тепла.

Вода, образовавшаяся в топливном элементе, может быть выделена при помощи третьего теплообменника, установленного в выходном отверстии топливного элемента. Окружающий воздух содержит 20,95% кислорода, что, при окружающих условиях (20°C, 1 бар) соответствует 8,6 моля. При тех же условиях 1 м<sup>3</sup> воздуха соответствует 41,05 моля. Для реакции одного кг водорода (496 молей) с окружающим воздухом в равном отношении воздух/топливо требуется 28,8 м<sup>3</sup> воздуха, из которых потребляется 20,95%. Принимая условия на выходе из топливного элемента соответствующими 40°C и 1 бар, получаем, что выделяется 24,4 м<sup>3</sup> воздуха, содержащего 8,9 кг воды, или 367 г/м<sup>3</sup>. При 60°C объем выделяющегося воздуха будет равен 25,9 м<sup>3</sup> с содержанием воды 345 г/м<sup>3</sup>, при 80°C: 27,5 м<sup>3</sup> с содержанием воды 325 г/м<sup>3</sup>.

Из таблицы ясно, что при равном отношении воздух/топливо, в топливном элементе, даже эксплуатируемом при 80°C, образуется вода в количестве, превышающем уровень насыщения воздуха. Для полного преобразования всего водорода отношение воздух/топливо, обычно, поддерживают в диапазоне от 1,1 до 1,5. При дальнейшем увеличении отношения воздух/топливо содержание воды может быть снижено до уровня насыщения. При 40°C это отношение должно быть увеличено в 7,3 раз, при 60°C - увеличено в 2,7 раз, при 80°C - увеличено в 1,1 раза. Эти величины очень хорошо согласуются с величинами отношения воздух/топливо, необходимыми для отведения тепла, выделяемого топливным элементом, что, принимая эффективность топливного элемента равной 80%, составляет 24 МДж.

При охлаждении воздуха, выходящего из топливного элемента, конденсируется вода, и предотвращается чрезмерная потеря пара. Более эффективным способом охлаждения топливного элемента является использование охлаждающего контура. При конденсации большей части воды, образующейся в топливном элементе, количество воды, которое нужно перевозить в баке, может быть ограничено до дополнительного количества воды, используемого для активации топлива и компенсации потерь на испарение.

| T, °C                              | -20   | -10  | 0   | 10  | 20 | 30 | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  |
|------------------------------------|-------|------|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| H <sub>2</sub> O, г/м <sup>3</sup> | 0,9   | 2,2  | 4,8 | 9,4 | 17 | 30 | 51  | 82  | 128 | 195 | 287 |
| H, Дж/г                            | -18,6 | -6,1 | 9,4 | 29  | 57 | 97 | 157 | 247 | 379 | 576 | 850 |
| 100% RH                            |       |      |     |     |    |    |     |     |     |     |     |
| 80% RH                             | -18,9 | -6,9 | 7,6 | 25  | 49 | 84 | 134 | 207 | 316 | 472 | 696 |
| 60% RH                             | -19,2 | -7,7 | 5,7 | 22  | 42 | 70 | 110 | 168 | 252 | 372 | 542 |
| 40% RH                             | -19,5 | -8,5 | 3,8 | 18  | 35 | 57 | 87  | 129 | 188 | 271 | 388 |
| 20% RH                             | -19,8 | -9,3 | 1,9 | 14  | 27 | 44 | 64  | 90  | 124 | 171 | 234 |

Принимая отношение воздух/топливо равным 1,2 и условия на выходе 40°C при 1 бар, получаем количество воздуха, необходимое на кг водорода, равное 34,6 м<sup>3</sup>. В этом случае количество выходящего воздуха равно 30,5 м<sup>3</sup>, содержание влаги в нем 293 г/м<sup>3</sup>. При извлечении 95% воды содержание влаги на выходе должно быть снижено до 15 г/м<sup>3</sup>, поэтому воздух должен быть охлажден до 20°C. Это можно осуществить путем присоединения к воздушной подсистеме пластинчатого конденсатора и регулировочного клапана для охлаждения воздуха, выходящего из топливного элемента.

Водород может быть использован в двигателе внутреннего сгорания для создания движущей силы. В этом случае с выхлопными газами двигателя выделяется значительное количество тепла. Выхлоп может быть снабжен четвертым теплообменником, предназначенным для снятия тепла, выделяющегося при сгорании водорода. При помощи подходящего жидкого теплоносителя тепло четвертого теплообменника может быть направлено в термоэлектрический модуль, аналогично описанному ранее для извлекаемой части тепла.

Выхлоп может быть подвергнут дополнительному охлаждению для извлечения воды, как описано ранее. Для этого потребуется существенное охлаждение. Кроме того, выхлоп содержит остаточные продукты сгорания смазочных веществ, используемых для смазки поршней двигателя.

Предпочтительно, на линии активатора устанавливают фильтр, предназначенный для удаления из воды примесей, появляющихся в результате использования для реакции с водородом окружающего воздуха.

Электродвигатель (или двигатели) электромобиля может, дополнительно к аккумулятору, питаться энергией от топливного элемента. В топливном элементе водород (топливо) и воздух (кислород) вступают в реакцию, генерируя электрический ток и образуя воду. В отличие от аккумулятора, который может передавать свой электрический заряд до тех пор, пока не разрядится, топливный элемент будет продолжать вырабатывать энергию при условии наличия топлива и кислорода.

Чтобы максимально увеличить дальность пробега автомобиля, бортовую энергию, в том числе, энергию на торможение, следует использовать эффективно. Для этого автомобиль должен быть оборудован усовершенствованной системой управления энергией, которая выбирает и регулирует оптимальное сочетание источников энергии для движения автомобиля при различной электрической нагрузке.

Напряжение на топливном элементе зависит от нагрузки, подачи водорода и регулируемого тока. Силовую электронику, управляемую различными алгоритмами, используют для регулирования выходной мощности двигателя посредством регулирования напряжения, подаваемого на электродвигатель, на основании изменения нагрузки, воспринимаемой пользователем, и тока на выходе топливного элемента.

Выходная мощность топливного элемента является оптимальной при нагрузке, близкой к полной. Следовательно, производительность системы топливных элементов для различных нагрузок, предпочтительно, обеспечивают при помощи некоторого количества наборов, каждый из которых обеспечивает, например, 10% общей производительности, с тем, чтобы 80% мощности можно было регулировать путем включения или выключения 8 наборов. На два дополнительных набора, предпочтительно, подают полностью регулируемый поток водорода, получая 20% энергии, находящейся под непрерывным управлением.

Если нагрузка увеличивается от 0 до 15% общей производительности, управляют потоком водорода двух регулируемых наборов и, если нужно, изменяют его. Если нагрузка увеличивается и превышает 15%, включают дополнительный набор топливных элементов и пропорционально изменяют поток водорода регулируемого набора. При каждом следующем увеличении нагрузки на 10%, эти действия повторяют до тех пор, пока не будут задействованы все наборы.

Во время работы акселератора, современные топливные элементы, обычно, включаются или отключаются с задержкой порядка <5 секунд. Образующееся при увеличении скорости автомобиля отставание необходимо компенсировать при помощи альтернативного источника энергии, такого как аккумулятор и/или конденсатор, питаемый от системы регенерации кинетической энергии и/или избыточной мощности.

Учитывая, что электрическая мощность автомобиля-родстера Tesla®, подводимая от аккумуляторной батареи с напряжением 375 В и емкостью 53 кВт·ч, составляет 200 кВт, максимальная мощность соответствует максимальному току 533 А. Эта емкость соответствует 141 А·ч, что при 533 А может подаваться, максимум, 16 минут.

Если, например, автомобиль Tesla® оборудован 10 наборами топливных элементов по 20 кВт каждый, то через 5 секунд после включения будет доступна номинальная мощность, при этом батарея должна давать максимальный ток. Для практических целей, в том числе, с точки зрения срока службы аккумулятора и плавности работы, аккумулятор может иметь проектную емкость, например, 10% от предельно допустимой по току.

Энергию торможения электромобиля, предпочтительно, утилизируют путем использования электродвигателя в качестве генератора (системы регенерации кинетической энергии). Выработанная электроэнергия может накапливаться в аккумуляторе и/или конденсаторе для последующего использования. Регулятор мощности, предпочтительно, осуществляет управление циклами зарядки и разрядки аккумулятора или конденсатора. Заряд аккумулятора, предпочтительно, поддерживают на уровне между 20% и 80% полного заряда. Конденсатор, предпочтительно, используют в первую очередь для зарядки и разрядки.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для производства водорода из жидкости-носителя водорода, каковое устройство включает:

а) реакционную камеру,  
 б) инжектор для введения жидкости-носителя водорода и инжектор для введения активирующей жидкости в реакционную камеру, где инжектор для введения жидкости-носителя водорода предназначен для получения потока жидкости-носителя водорода, подаваемой в инжектор по топливной линии 130, и имеет форму открытого гидравлического канала, соединенного с чашеобразным элементом, причём инжектор для введения жидкости-носителя водорода предназначен для получения струйного потока, выходящего из сопла 232 инжектора для введения активирующей жидкости по линии 230 подачи активатора, таким образом, что струйный поток активирующей жидкости направлен в поток жидкости-носителя водорода в открытом гидравлическом канале для создания турбулентного потока смеси активирующей жидкости и жидкости-носителя водорода,

где инжекторы организованы так, что достигается интенсивное перемешивание молекул или частиц жидкости-носителя водорода с активирующей жидкостью для инициирования реакции немедленного образования водорода в реакционной камере при введении жидкости-носителя водорода и активирующей жидкости, и где

с) в реакционной камере имеются выходное отверстие для водорода и выходное отверстие для остаточных продуктов реакции.

2. Устройство по п.1, в котором струйный поток из сопла направляют в чашеобразный элемент.

3. Устройство по п.1 или 2, в котором носитель водорода подбирают из группы, состоящей из гидридов металлов  $MH_x$  и боргидридов металлов  $M(BH_4)_x$ , где M означает металл, x означает валентность соответствующего металла.

4. Устройство по любому одному из пп.1-3, каковое устройство включает мешалку второй стадии.

5. Устройство по п.4, где мешалка второй стадии представляет собой мешалку с большими сдвиговыми усилиями.

6. Устройство по п.4 или 5, в котором мешалка второй стадии расположена в реакционной камере.

7. Устройство по п.6, в котором мешалка второй стадии расположена в нижней части реакционной камеры.

8. Устройство по любому одному из пп.1-7, каковое устройство включает средство разделения для отделения водорода от остаточных продуктов реакции.

9. Устройство по п.8, где средство разделения содержит полупроницаемую мембрану.

10. Устройство по любому одному из пп.1-9, каковое устройство включает насос отработавшего топлива для отведения остаточных продуктов реакции из реакционной камеры.

11. Устройство по любому одному из пп.1-10, каковое устройство включает резервуар для приема и хранения остаточных продуктов реакции, отведенных из реакционной камеры.

12. Устройство по любому одному из пп.1-11, в котором резервуары для жидкости-носителя водорода, активирующей жидкости и остаточных продуктов реакции размещены в одном топливном контейнере.

13. Устройство по п.12, в котором топливный контейнер имеет фиксированные наружные размеры, а резервуары для жидкости-носителя водорода, активирующей жидкости и остаточных продуктов реакции имеют мягкие стенки, которые могут изгибаться в соответствии со степенью заполнения этих резервуаров, чтобы общий внутренний размер топливного контейнера был минимальным.

14. Устройство по любому одному из пп.1-13, каковое устройство включает регулировочный клапан выхода водорода, расположенный по потоку после выходного отверстия для водорода.

15. Устройство по любому одному из пп.1-14, каковое устройство включает блок управления, предназначенный для управления выходным давлением водорода, топливным насосом, насосом для активирующей жидкости, насосом для остаточных продуктов реакции и уровнем жидкости в реакционной ка-

мере.

16. Устройство по любому одному из пп.1-15, каковое устройство включает первый теплообменник, расположенный в реакционной камере и предназначенный для снятия первой порции тепла реакции между жидкостью-носителем водорода и активирующей жидкостью.

17. Устройство по любому одному из пп.4-6, каковое устройство включает второй теплообменник, расположенный в реакционной камере вблизи мешалки, и предназначенный для снятия второй порции тепла реакции между жидкостью-носителем водорода и активирующей жидкостью в мешалке.

18. Устройство по п.16 или 17, каковое устройство включает средство регенерации тепла, позволяющее использовать тепло из по меньшей мере одного из первого и второго теплообменника в термодинамическом цикле, соединенном с паровой турбиной, приводящей в действие генератор, вырабатывающий электроэнергию.

19. Устройство по п.16 или 17, каковое устройство включает средство регенерации тепла, позволяющее использовать тепло из по меньшей мере первого и второго теплообменника в термоэлектрическом устройстве для непосредственного преобразования тепла в электроэнергию.

20. Устройство по любому одному из пп.1-19, в котором смесь активирующей жидкости и жидкости-носителя водорода подают по каналу в реакционную камеру, устройство дополнительно содержит:

контур, окружающий по меньшей мере часть канала, приём данный контур предназначен для приёма охлаждающей жидкости, имеющей температуру ниже температуры смеси, для охлаждения указанной смеси.

21. Устройство по любому одному из пп.1-20, в котором реакционная камера содержит приёмную зону, предназначенную для приёма не газообразных продуктов реакции, таких как отработавшее топливо; причём устройство содержит линию повторного перемешивания, соединённую с приёмной зоной, и предназначенную для приёма только части отработавшего топлива из приёмной зоны;

где реакционная камера содержит первую стадию для получения смеси активирующей жидкости и жидкости-носителя водорода, вторую стадию, отдельную от первой стадии перфорированной перегородкой, и предназначенной для приёма смеси активирующей жидкости и жидкости-носителя водорода, и направления этой смеси только на последующее смешивание с частью отработавшего топлива из выходного отверстия линии повторного перемешивания.

22. Устройство по п.21, в котором инжектор для введения жидкости-носителя водорода и сопло для введения активирующей жидкости присутствуют на первой стадии.

23. Устройство по п.21, в котором выходное отверстие линии повторного перемешивания имеет форму открытого гидравлического канала с чашеобразным элементом, присутствующим на второй стадии.

24. Устройство по любому одному из пп.21-23, в котором реакционная камера дополнительно содержит

третью стадию, отделённую от второй стадии второй перфорированной перегородкой; и третью перфорированную перегородку расположена между указанной третьей стадией и приёмной зоной.

25. Бинарное топливо для производства водорода, содержащее носитель водорода в инертной текучей среде и активирующую жидкость, отличающееся тем, что носитель водорода содержит гидрид металла  $MH_x$  или боргидрид металла  $M(BH_4)_x$ , где  $M$  означает металл,  $x$  означает валентность этого металла, а активирующая жидкость представляет собой чистую воду, имеющую электропроводность менее  $0,5 \text{ мкСм}$ .

26. Топливо по п.25, в котором металл носителя водорода подобран из группы, состоящей из  $Li$ ,  $Na$ ,  $Be$ ,  $Mg$ ,  $Ca$  или  $Al$ .

27. Топливо по п.26, в котором носитель водорода содержит по меньшей мере один из  $Ca(BH_4)_2$  и  $Al(BH_4)_3$ .

28. Топливо по любому одному из пп.25-27, в котором размер частиц носителя водорода составляет  $10 \text{ мкм}$  или менее.

29. Топливо по любому одному из пп.25-27, в котором размер частиц носителя водорода составляет около  $1 \text{ мкм}$  или менее.

30. Топливо по любому одному из пп.25-29, в котором средой носителя водорода является минеральное масло, сополимер этилена и пропилена, поли(альфа)олефин и эфир алкоксилата, или любая их комбинация.

31. Топливо по любому одному из пп.25-30, в котором концентрация молекул-носителей водорода в жидкости-носителе водорода составляет, по меньшей мере,  $60\%$  вес.

32. Топливо по любому одному из пп.25-30, в котором концентрация молекул-носителей водорода в жидкости-носителе водорода лежит в диапазоне от  $70$  до  $75\%$  вес.

33. Топливо по любому одному из пп.25-32, в котором вязкость жидкости-носителя водорода составляет величину, превышающую вязкость воды при комнатной температуре в  $1-50$  раз.

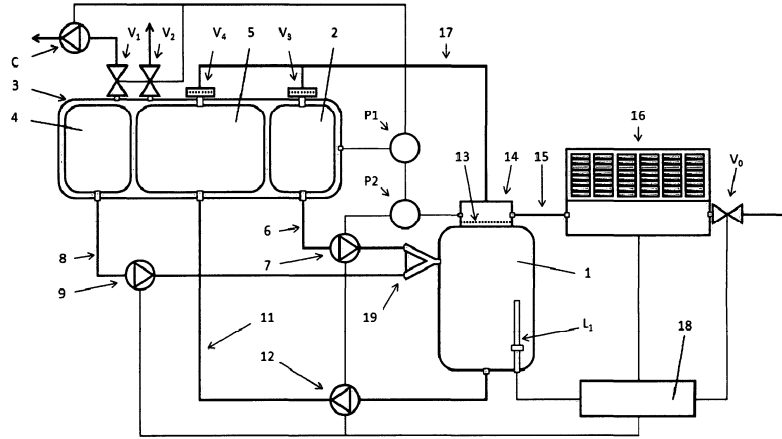
34. Топливо по любому одному из пп.25-32, в котором вязкость жидкости-носителя водорода со-

ставляет величину, превышающую вязкость воды при комнатной температуре от 1 до 25 раз.

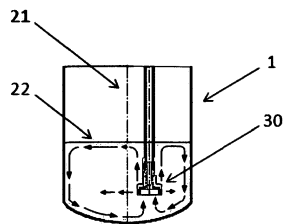
35. Топливо по любому одному из пп.25-32, в котором вязкость жидкости-носителя водорода составляет величину, превышающую вязкость воды при комнатной температуре от 1 до 10 раз.

36. Топливо по любому одному из пп.25-32, в котором вязкость жидкости-носителя водорода составляет величину, превышающую вязкость воды при комнатной температуре от 1 до 5 раз.

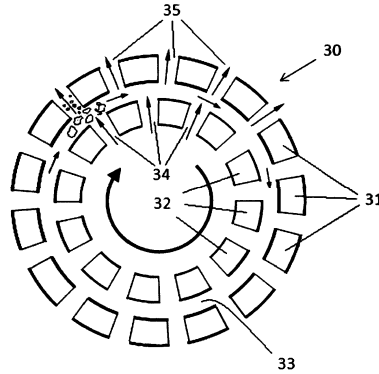
37. Топливо по любому одному из пп.25-32, в котором вязкость жидкости-носителя водорода составляет величину, превышающую вязкость воды при комнатной температуре от 1 до 2 раз.



Фиг. 1

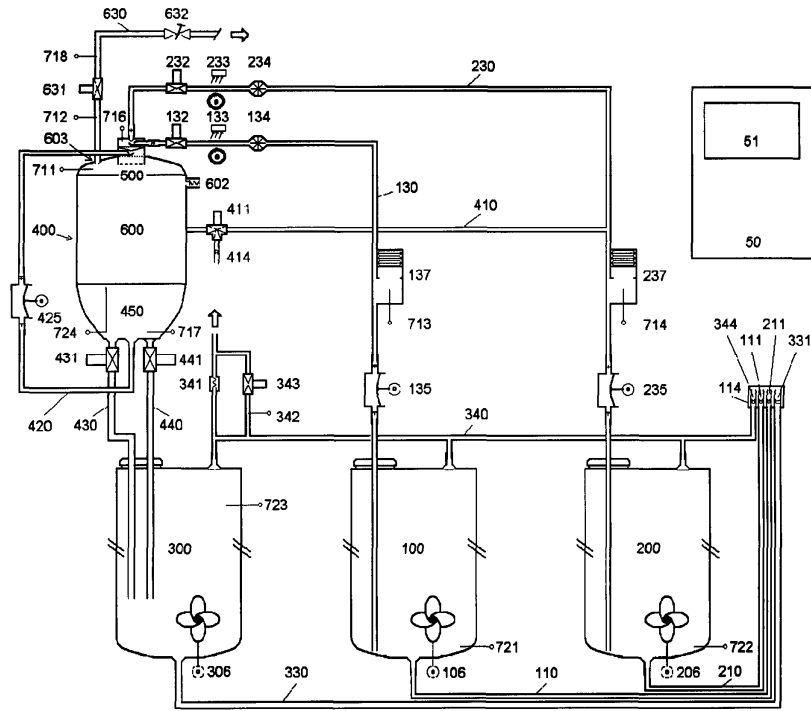


Фиг. 2

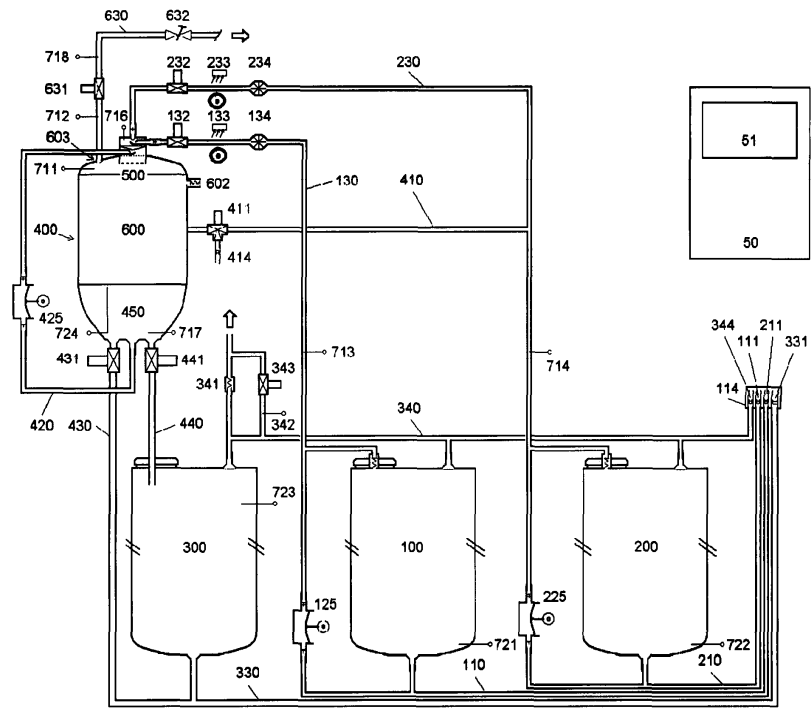


Фиг. 3

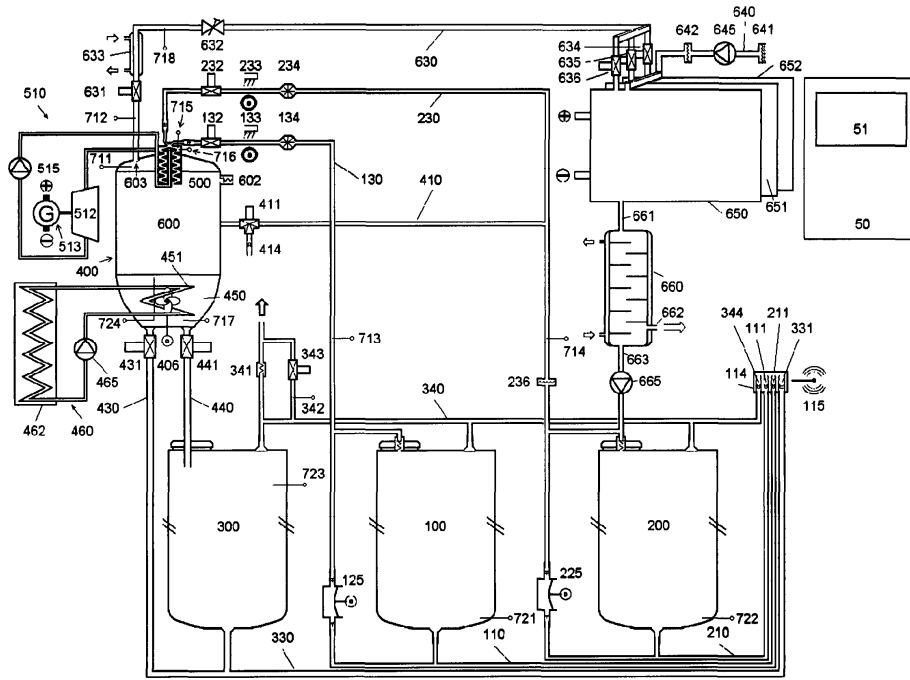




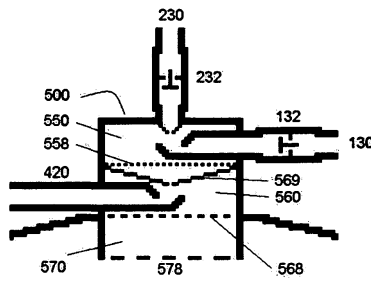
Фиг. 4



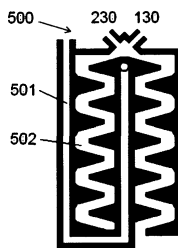
Фиг. 5



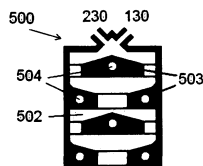
Фиг. 5А



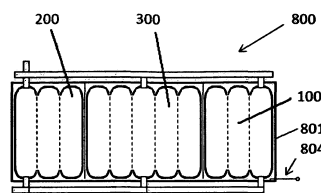
Фиг. 6



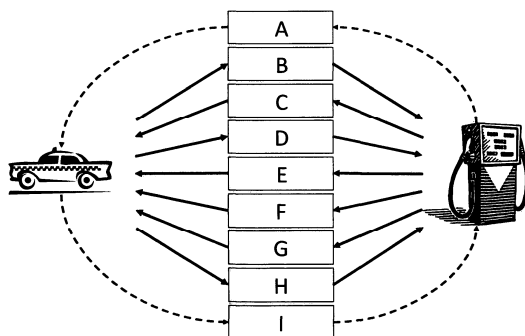
Фиг. 6А



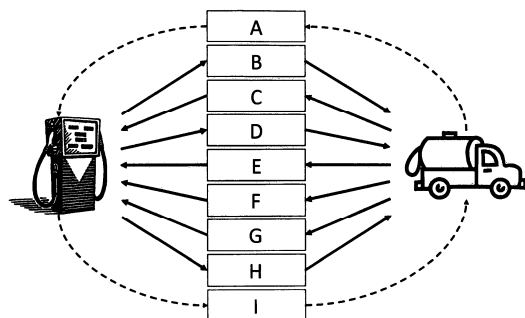
Фиг. 6В



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

