



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007106770/03, 26.02.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.02.2007

(45) Опубликовано: 10.11.2008 Бюл. № 31

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2208102 C1, 17.12.2001. RU 2289177
C2, 10.07.2005. SU 1197704 A1, 15.12.1985. RU
2195357 C1, 27.12.2002. EP 0204672 A2,
10.12.1986.

Адрес для переписки:

129337, Москва, Ярославское ш., 26, МГСУ
УНИИД, руководителю ЦКТИ-МГСУ М.Ю.
Слесареву

(72) Автор(ы):

Король Елена Анатольевна (RU),
Макаров Герман Вадимович (RU),
Слесарев Михаил Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

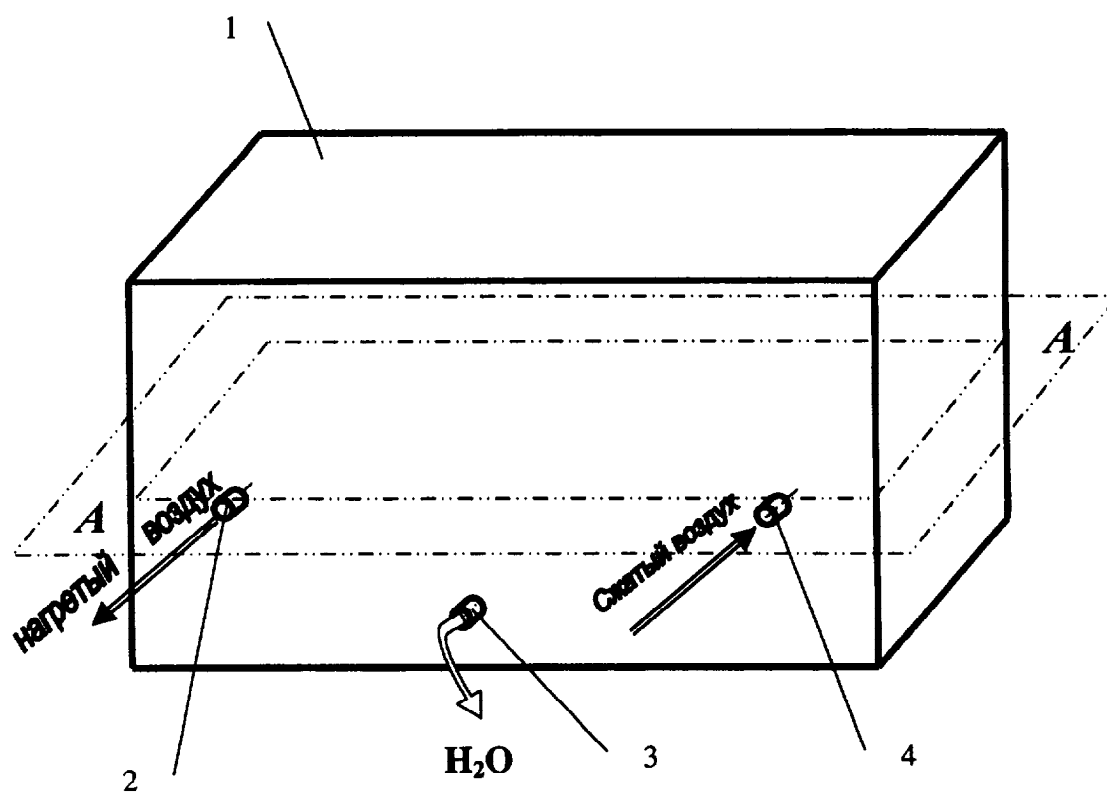
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московский государственный строительный
университет (RU)

(54) ОТОПИТЕЛЬНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ БЛОК

(57) Реферат:

Отопительный строительный блок содержит пористую сердцевину и замкнутый со всех сторон герметичный корпус из монолитного слоя бетона. Блок снабжен планарной твердотельной электролитной мембраной из материала, например "Nafion" или МФ-4СК, с нанесенными слоями электродов - анодом и катодом, расположенными на противоположных сторонах мембраны. От каждой стороны мембраны на максимально возможном расстоянии друг от друга расположены по два канальных отверстия сквозь пористую

сердцевину и в теле герметичного корпуса из монолитного слоя бетона установлены четыре трубки, выведенные на поверхность строительного блока для возможности подведения и отведения топливного газа, например водорода, к аноду мембраны, и газа окислителя, например кислорода воздуха, к катоду мембраны. Мембрана по периметру закреплена в теле монолитного слоя бетона, который выполнен электропроводным. Технический результат: улучшение эксплуатационных свойств. 4 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

E04C 1/00 (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2007106770/03, 26.02.2007**(24) Effective date for property rights: **26.02.2007**(45) Date of publication: **10.11.2008 Bull. 31**

Mail address:

**129337, Moskva, Jaroslavskoe sh., 26, MGSU
UNIID, rukovoditelju TsKTT-MGSU M.Ju. Slesarevu**

(72) Inventor(s):

**Korol' Elena Anatol'evna (RU),
Makarov German Vadimovich (RU),
Slesarev Mikhail Jur'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovanija
Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj
universitet (RU)**

(54) HEATING MASONRY UNIT

(57) Abstract:

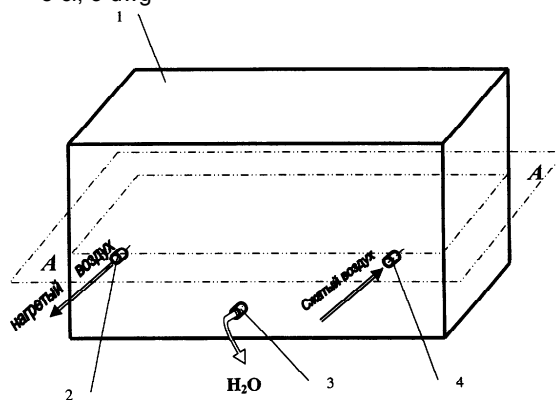
FIELD: building.

SUBSTANCE: heating masonry unit contains a porous core and the tight case closed from different directions from a monolithic concrete layer. The block is supplied with a planar solid-state electrolytic diaphragm from a material for example: "Nafion" or MF-4SK with the deposits of electrodes - the anode and the cathode located on the opposite sides of the diaphragm. From each side of the diaphragm on the largest possible distance from each other two channel apertures are located through a porous core and in a body of the tight case from a monolithic concrete layer are established four tubes deduced on a surface of a masonry unit for possibility of leading and assignment of fuel gas, for example - hydrogen, to the diaphragm anode, and oxidiser gas, for example - air oxygen, to the diaphragm cathode. The diaphragm is fixed on perimeter in a

body of the monolithic concrete layer which is executed by the electro wire.

EFFECT: improvement of masonry unit operating ability.

5 cl, 3 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к строительству, в частности к многослойным строительным блокам, используемым при возведении стен зданий и сооружений, и может быть использовано для их отопления с использованием в качестве топлива преимущественно легких (малой плотности) газов, например водорода, и имеет отношение к созданию топливного элемента с полимерным электролитом.

Известен (аналог) - искусственный строительный двухкомпонентный камень и способ его изготовления RU 5063604, E04C 1/40 от 16.06.1992. Известный аналог относится к строительным материалам, предназначенным для возведения стеновых ограждающих конструкций зданий и сооружений различного назначения, и применяется в печном строительстве (металлургические агрегаты, сушильные камеры, отопительные печи и т.п.) и других случаях, когда применение таких камней целесообразно. Конструкция такого камня представляет собой единый блок композитных элементов, состоящий из сердечника, выполненного из малотеплопроводного и легкого материала, и армированной бетонной оболочки. Такие камни имеют уменьшенную объемную массу, а за счет объема сердечника, занимающего 40-60% всего объема камня, имеют улучшенные теплотехнические свойства, что способствует энергосбережению за счет уменьшения потребления тепловой энергии ввиду снижения тепловых потерь в процессе эксплуатации зданий и сооружений, выполненных с применением этих камней. Недостатком известного аналога является невозможность длительного поддержания температурно-влажностного режима внутри помещения здания без дополнительного подогрева воздуха внутри помещений с помощью автономной энергетической установки, например отопительного котла или печи.

Известен (аналог) - нагреваемый силовой строительный элемент RU №2005114925, F24D 13/02 от 17.05.2005 в виде панели, содержащий каркас, токопроводящий экран и герметично изолированный электронагреватель с контактными проводами для сети, выполненный в виде оболочки, его каркас выполнен слоистым из композиционного материала и содержит в качестве армирующего материала слои, выполненные из пересекающихся и/или переплетающихся искусственных волокон, и, по меньшей мере, один слой низкоплотного материала, а в качестве матрицы - полимерное связующее, при этом, по меньшей мере, один токопроводящий экран и, по меньшей мере, один герметично изолированный электронагреватель с их выведенными наружу заземляющими и контактными проводами размещены между слоями каркаса, выполненными из пересекающихся и/или переплетающихся искусственных волокон, причем при необходимости каркас снабжен снаружи скрепленным с ним защитным и/или декоративным покрытием, выполненным из материалов, взятых по выбору, обеспечивающих износостойкость, противоскольжение, химическую стойкость, влагостойкость, герметичность или другие защитные свойства или внешний вид в зависимости от среды его использования.

Недостатком известного нагреваемого силового строительного элемента по указанному патенту является необходимость использования проводов для подведения электроэнергии к электронагревателю. Электрическая энергия бесполезно теряется в этих проводах на длительном пути от источника электроэнергии до потребителя, например от электростанции, расположенной за сотни и тысячи километров от отапливаемого здания.

Известен (аналог) - топливный элемент по патенту RU №2289177, H01M 8/10 (номер и дата международной или региональной заявки JP 03/00776 28.01.2003), в котором слой комплекта электрохимической топливной батареи содержит электрод - мембрану - электрод. То есть электролитная мембрана состоит из ионообменной мембраны и двух электродов, расположенных на противоположных сторонах мембраны. Два указанных электрода представляют собой, во-первых, анод, расположенный на одной стороне мембраны и содержащий первый слой катализатора, и, во-вторых, катод, расположенный на другой стороне мембраны и содержащий другой слой катализатора. Сепаратор содержит канал топливного газа, образованный в нем для подачи топливного газа (например, водорода) к аноду, или канал газообразного окислителя для подачи газообразного окислителя (например, кислорода, а обычно воздуха) к катоду, и/или

канал охладителя, образованный в нем для того, чтобы охладитель (обычно охлаждающая вода) мог протекать через канал охладителя. На стороне анода элемента происходит реакция, в которой водород превращается в ионы водорода (то есть протоны) и электроны. Ионы водорода движутся через электролитную мембрану к катоду, где ионы

5 водорода вступают в реакцию с подводимым кислородом, а электроны, которые генерируются у анода смежного слоя и движутся к катоду данного слоя через сепаратор или которые генерируются у анода топливного элемента, расположенного на одном конце батареи топливных элементов, и движутся к катоду топливного элемента, расположенному на другом конце батареи топливных элементов (через цепь внешней нагрузки), с

10 образованием воды следующим образом:

У анода: $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

У катода: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- + (1/2)\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Протекание катодной и анодной реакций стимулируется введением на границы раздела «электрод/мембрана» катализаторов - мелкодисперсных благородных металлов (например,

15 платины, оксида иридия (IV) и др.), причем разработанные к настоящему времени технологии позволяют уменьшить количества применяемых благородных металлов до 0,1 мг в расчете на квадратный сантиметр поверхности электрода.

Количество вырабатываемой воды увеличивается на участке ниже по течению канала газообразного окислителя, что может вызывать затопление. В области затопления подача

20 газообразного окислителя к катоду затрудняется, и описанная выше реакция не может протекать гладко. В результате ухудшается характеристика выработки электроэнергии (снижается выработка электроэнергии). Следовательно, важным является удаление вырабатываемой воды, за счет чего исключается затопление.

Подобная проблема возникает в канале топливного газа, так как часть воды, имеющаяся в канале газообразного окислителя, движется через электролитную мембрану в канал

25 топливного газа. Для того чтобы описанная выше реакция могла протекать гладко, электролитная мембрана должна быть смочена должным образом, причем газообразный окислитель и топливный газ должны быть увлажнены до их поступления в топливный элемент. Следовательно, при этом повышается вероятность затопления.

30 Электролитная мембрана изготавливается из вещества, имеющего название «твердый полимерный электролит» (ТПЭ), которое имеет полимерное строение, причем в состав полимеров входят функциональные группы, способные к диссоциации с образованием катионов или анионов, направленное движение которых внутри структуры полимера обуславливает его ионную проводимость. В качестве примера приведем ТПЭ - "Nafion",

35 который представляет собой фторуглеродный полимер, содержащий функциональные сульфогруппы, способные к обмену с внешней средой электростатически связанными катионами К. Ионная проводимость этого ТПЭ обусловлена движением катионов, поэтому подобные электролиты получили название катионных или (по аналогии с ионообменными смолами) катионообменных. Из-за уникальных качеств (устойчивость, высокая

40 электропроводность, прочность) широкое распространение получили фторуглеродные катионные ТПЭ. В 1964 году американская фирма "Дюпон" ("DuPont") запатентовала способ получения полимерных мембран, широко известных под торговой маркой "Nafion". Позднее аналогичные ТПЭ стали выпускаться и в России под названием МФ-4СК. Первые в мире

45 промышленные установки с применением мембран "Nafion" были запущены в Японии в 1975-1976 годах. КПД топливных элементов с ТПЭ, известных к настоящему времени, не превышает 50%, а напряжение составляет лишь 0,8 В. Это вызвано, в первую очередь, низкой эффективностью протекания реакции электровосстановления кислорода при сравнительно низких температурах (80-90°C) функционирования данных устройств. Для

50 нагревательной функции создаваемого настоящим изобретением отопительного строительного блока указанные параметры ТПЭ подходят как нельзя лучше.

Известен (аналог) по патенту Японии № HEI 11-508726, в котором раскрыто, что весь сепаратор целиком изготовлен из пористого материала, причем вода, выработанная у катода, проталкивается через пористый сепаратор в канал охлаждающей воды, так что

затопление исключается. Однако в топливном элементе, в котором вода, выработанная у катода, проталкивается в канал охлаждающей воды, в таком как элемент, описанный в патенте Японии № HEI 11-508726, возникает ряд следующих проблем.

Недостаток этого аналога в том, что, когда охлаждающая вода представляет собой антифриз, некоторые компоненты охладителя могут повредить электролитную мембрану, когда охладитель движется в канал газообразного окислителя. По этой причине в топливном элементе, описанном в патенте Японии № HEI 11-508726, используют чистую воду, так что работа топливного элемента при температурах ниже температуры замерзания невозможна. Более того, загрязнения, имеющиеся в канале газообразного окислителя, проникают через сепаратор в охлаждающую воду, так что ионная проводимость охлаждающей воды возрастает, и эффективность элемента при этом падает. Кроме того, недостатком является то, что система становится достаточно сложной из-за необходимости обеспечения перекачки вырабатываемой воды по каналу охлаждающей воды, и требуется управление перепадом давлений между газовым каналом и каналом охладителя.

Известно техническое решение, см. патент №2208102 «Бетонный строительный блок», кл. E04C 1/40 от 17.12.2001. (ближайший аналог - прототип устройства отопительного строительного блока), в котором описан бетонный строительный блок, включающий лицевой слой, бетонные строительные слои и расположенный между ними теплоизоляционный слой, при этом лицевой слой выполнен из смеси цемента, керамзита, песка и воды.

Недостатком указанного аналога по патенту RU №2208102 является то, что он может выполнять только лишь функцию строительного элемента, а для нагревания поступающего в помещение воздуха требуется дополнительное устройство, например, по патенту Японии № HEI 11-508726, которому необходимо дополнительное пространство, причем внутри блока не предусмотрено свободное пространство для его размещения. Конструкция отопительного строительного блока значительно усложняется при встраивании в него известной конструкции топливного элемента, например, по патенту Японии № HEI 11-508726 с системой потребления вырабатываемой топливным элементом электроэнергии, с системой газового снабжения и с системами отведения воды и охлаждения комплекта электрохимической батареи. Кроме того, работа нагревателя становится ненадежной, зависящей от состояния подключенных к топливному элементу потребителей вырабатываемой электроэнергии. При уменьшении нагрузки или полном отключении потребителей вырабатываемой электроэнергии экзотермические процессы в электрохимической батарее топливного элемента затухают или прекращаются, и происходит остывание стены, сложенной из отопительных блоков со встроенными топливными элементами, при этом прокачиваемый в помещение через топливный элемент воздух тоже не будет подогреваться.

Краткое изложение предлагаемого изобретения.

Первой задачей настоящего изобретения является создание отопительного строительного блока, в котором вырабатываемое тепло может быть использовано для подогрева воздуха, поступающего в помещение.

Второй задачей настоящего изобретения является создание отопительного строительного блока, в котором вырабатываемая электроэнергия может быть использована для прогрева материала корпуса отопительного строительного блока.

Третьей задачей настоящего изобретения является создание отопительного строительного блока, в котором вырабатываемая вода может быть эффективно удалена и/или использована для увлажнения воздуха, подаваемого в помещение.

Целью настоящего изобретения является создание экологически чистого компонента строительных систем для возведения стен зданий и сооружений с улучшенными эксплуатационными свойствами отопительного строительного блока, лишенного недостатков прототипа и аналогов и имеющего возможность автоматически приспосабливаться к изменениям температуры и влажности окружающего воздуха.

Устройство в соответствии с настоящим изобретением, которое позволяет решить указанные задачи, включает в себя следующее: отопительный строительный блок, содержащий пористую сердцевину и замкнутый со всех сторон герметичный корпус из монолитного слоя бетона, снабжен планарной твердотельной электролитной мембраной из материала, например "Nafion" или МФ-4СК¹ (¹ перфторированная сульфокатионитная мембрана типа Nafion (российский аналог - мембрана МФ-4СК) [1] с нанесенными слоями электродов - анодом и катодом, расположенными на противоположных сторонах мембраны, причем от каждой стороны мембраны на максимально возможном расстоянии друг от друга расположены по два канальных отверстия сквозь пористую сердцевину и в теле герметичного корпуса из монолитного слоя бетона установлены четыре трубки, выведенные на поверхность строительного блока для возможности подведения и отведения топливного газа, например водорода H_2 , к аноду мембраны, и газа окислителя, например кислорода воздуха O_2 , к катоду мембраны, причем мембрана по периметру закреплена в теле монолитного слоя бетона, который выполнен электропроводным, например, по известному способу получения электропроводящих материалов на основе портландцементов и углеродосодержащих материалов, использующих в качестве связующего вещества портландцемент, а в качестве наполнителя - углеродную сажу, технический уголь и т.д. (см. WO 9600197 A, 04.01.1996. SU 774440 A1, 15.05.1994, RU 2037895 C1, 19.06.1995, DE 3023133 A, 07.01.1982, US 4464421 A, 07.08.1984, а также электропроводный материал, см. RU 2245859, МПК 7 C04B 28/02, H01C 7/00, H05B 3/14, опубл. 10.02.2005 г.).

Пористая сердцевина отопительного строительного блока имеет структуру с открытыми порами, например в качестве пористого наполнителя могут использоваться любые открыто пористые ячеистые бетоны, или микросферы золы уноса теплоэлектростанций, или легкий и сверхлегкий керамзит, или керамическая вата, или любой пористый материал.

Поверхность наружного бетонного слоя отопительного строительного блока для придания ей свойства газонепроницаемости может быть со всех сторон пропитана герметизирующим составом, например жидким стеклом или составом «Силор»² (² В качестве герметика может быть использована пропитка для бетона «СИЛОР», которая разработана под руководством профессора Р.А.Веселовского. Разработка оборонного комплекса СССР. <http://www.strovportal.ru/articles/1219.html>, а также www.polprom.ru/) [2].

В отопительном строительном блоке с обеих сторон мембраны установлены сепараторы в виде гофрированных пластин из токопроводящего материала, перфорированного по всей поверхности пластины сепаратора.

Наружная поверхность блока снабжена водоотводящей трубкой, которая установлена в канальное отверстие на уровне нижней границы пористой сердцевины и монолитного слоя бетона в теле блока со стороны катода электролитной мембраны, то есть с той же стороны, с которой установлены трубки для подвода и отвода кислорода воздуха.

На фиг.1 изображен отопительный строительный блок с основными конструктивными элементами, стрелками показана схема подвода и отвода воздуха и отвода образующейся воды из отопительного строительного блока, а также плоскость сечения А-А, которое изображено на фиг.2.

На фиг.1 обозначено:

- 1 - отопительный строительный блок;
- 2 - трубка выпуска воздуха, нагретого в отопительном блоке;
- 3 - трубка выпуска воды, образующейся в отопительном блоке;
- 4 - трубка подачи воздуха в отопительный блок;
- А-А - геометрическая плоскость сечения блока.

На фиг.2 изображен отопительный строительный блок с основными конструктивными элементами, попавшими в плоскость сечения А-А (см. фиг.1), и стрелками показаны схема подвода и отвода кислорода воздуха O_2 и схема подвода и отвода топливного газа - водорода H_2 .

На фиг.2 обозначено:

5 - замкнутый со всех сторон герметичный корпус из монолитного слоя бетона, имеющего газонепроницаемый слой (поз.15);

6 и 7 - две части пористой сердцевины отопительного строительного блока, которые имеют структуру с открытыми порами (поз.16) и разделены между собой планарной

5 твердотельной электролитной мембраной 8;

8 - планарная твердотельная электролитная мембрана из материала, например, "Nafion" или МФ-4СК с нанесенными слоями электродов - анодом и катодом, расположенными на противоположных сторонах мембраны, причем мембрана по периметру закреплена в теле герметичного корпуса из монолитного слоя бетона 5;

10 9 и 10 - трубки, выведенные на поверхность отопительного строительного блока для возможности подведения и отведения газа окислителя, например кислорода воздуха O_2 , к катоду мембраны 8;

11 и 12 - трубки, выведенные на поверхность строительного блока для возможности подведения и отведения топливного газа, например водорода H_2 , к аноду мембраны 8;

15 13 и 14 - сепараторы в виде гофрированных пластин из токопроводящего материала, перфорированного по всей поверхности пластин сепаратора;

15 - газонепроницаемый слой пропитан герметизирующим составом, например жидким стеклом или составом «Силор»;

16 - открытые поры в сердцевине (поз.6 и 7) отопительного строительного блока;

20 На фиг.3 изображен фрагмент стены здания, сложенной из отопительных строительных блоков (связующий раствор в промежутках между блоками условно не показан). Блоки объединены системой трубопроводов для прокачки топливного газа с наружной (уличной) стороны помещения, образованного стеной здания, а также имеют систему трубопроводов для прокачки воздуха через отопительные строительные блоки, которые не видны на фиг.3.

25 На фиг.3 обозначено:

17 и 18 - отопительные строительные блоки;

19 и 21 - трубки, выведенные на поверхность строительных блоков для возможности подведения и отведения топливного газа, например водорода H_2 ;

20 - патрубки для соединения трубок 19 и 21 в трубопровод.

30 Работа отопительного строительного блока происходит практически со 100% преобразованием энергии экзотермической химической реакции топливного газа с кислородом воздуха в тепловую энергию. Используется известный принцип работы водородного топливного элемента с твердым полимерным электролитом. На анодном электрокатализаторе протекает процесс окисления водорода, а на катодном - процесс

35 восстановления кислорода. Анод и катод контактируют с токоотводящими гофрированными сепараторными перфорированными пластинами, образующими систему газораспределительных каналов.

Водород H_2 подается по трубопроводу 19, 20, 21 (см. фиг.3) или (см. фиг.2) подается и отводится по трубкам 11 и 12 и вступает в реакцию на стороне анода

40 планарной твердотельной электролитной мембраны 8 (см. фиг.2), в которой водород превращается в ионы водорода (то есть протоны) и электроны. Ионы водорода движутся через электролитную мембрану к катоду планарной твердотельной электролитной мембраны 8 (см. фиг.2), где они вступают в реакцию с кислородом, подводимым и отводимым по трубкам 10 и 9 (см. фиг.2), а электроны, которые генерируются у анода и

45 движутся к катоду топливного элемента через слой токопроводящего бетона 5 (см. фиг.2), с образованием воды H_2O , которая стекает вниз и отводится по трубке 3 (см. фиг.1).

Происходит нагрев всего тела отопительного строительного блока 1 (см. фиг.1), а также происходят нагрев и увлажнение воздуха, который поступает в помещение по трубке 2 (см. фиг.1), в результате прокачки сжатого воздуха через трубку 4 (см. фиг.1).

50 Список литературы

1. Тимонов А.М. Твердые полимерные электролиты. СОЖ, Том 6, №8, 2000 г. С.69-75. http://www.issep.rssi.ru/pdf/0008_069.pdf.

2. ООО НИЦ «Адгезив», ул. Ломаная, 19, офис 307а, г.Днепропетровск, 49030, Украина

Формула изобретения

1. Отопительный строительный блок, содержащий пористую сердцевину и замкнутый со
5 всех сторон герметичный корпус из монолитного слоя бетона, отличающийся тем, что блок
снабжен планарной твердотельной электролитной мембраной из материала, например:
"Nafion" или МФ-4СК с нанесенными слоями электродов - анодом и катодом,
расположенными на противоположных сторонах мембраны, причем от каждой стороны
10 мембраны на максимально возможном расстоянии друг от друга расположены по два
канальных отверстия сквозь пористую сердцевину и в теле герметичного корпуса из
монолитного слоя бетона установлены четыре трубки, выведенные на поверхность
строительного блока для возможности подведения и отведения топливного газа,
например - водорода, к аноду мембраны, и газа окислителя, например - кислорода
15 воздуха, к катоду мембраны, причем мембрана по периметру закреплена в теле
монолитного слоя бетона, который выполнен электропроводным.
2. Отопительный строительный блок по п.1, отличающийся тем, что пористая
сердцевина имеет структуру с открытыми порами, например в качестве пористого
наполнителя могут использоваться любые открыто пористые ячеистые бетоны или
микросферы золы уноса теплоэлектростанций, или легкий и сверхлегкий керамзит, или
20 керамическая вата, или любой пористый материал.
3. Отопительный строительный блок по п.1, отличающийся тем, что поверхность
наружного бетонного слоя для придания ей свойства газонепроницаемости может быть со
всех сторон пропитана герметизирующим составом, например жидким стеклом или
составом «Силор».
- 25 4. Отопительный строительный блок по п.1, отличающийся тем, что с обеих сторон
мембраны установлены сепараторы в виде гофрированных пластин из токопроводящего
материала, перфорированного по всей поверхности пластины.
5. Отопительный строительный блок по п.1, отличающийся тем, что наружная
поверхность блока снабжена водоотводящей трубкой, которая установлена в канальное
30 отверстие на уровне нижней границы пористой сердцевины и монолитного слоя бетона в
теле блока со стороны катода электролитной мембраны.

35

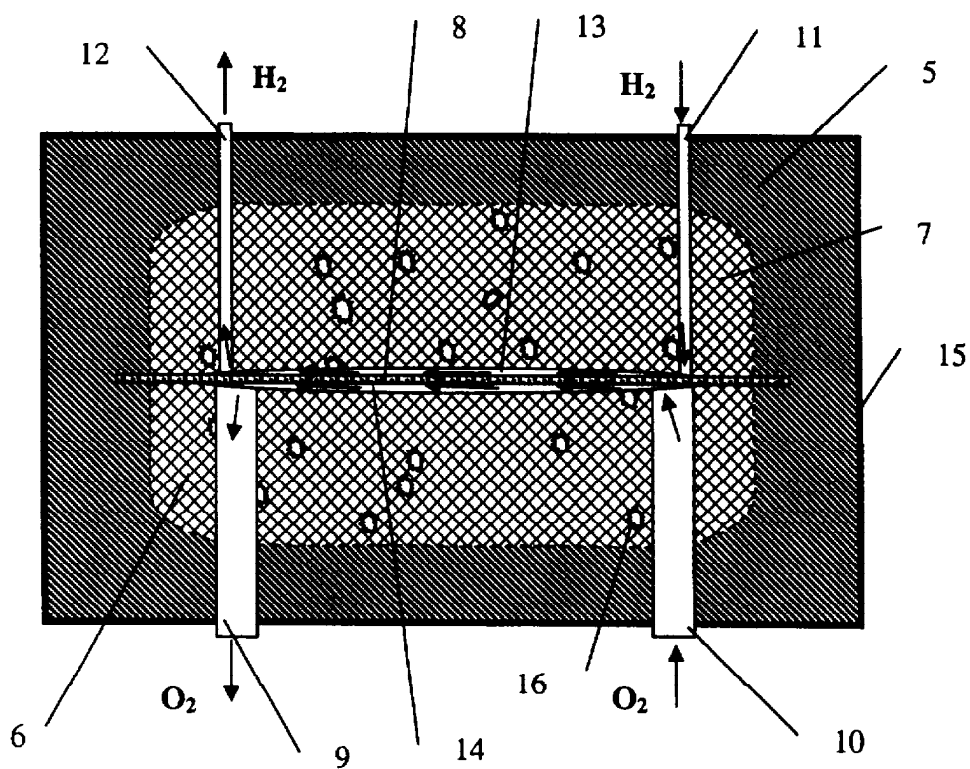
40

45

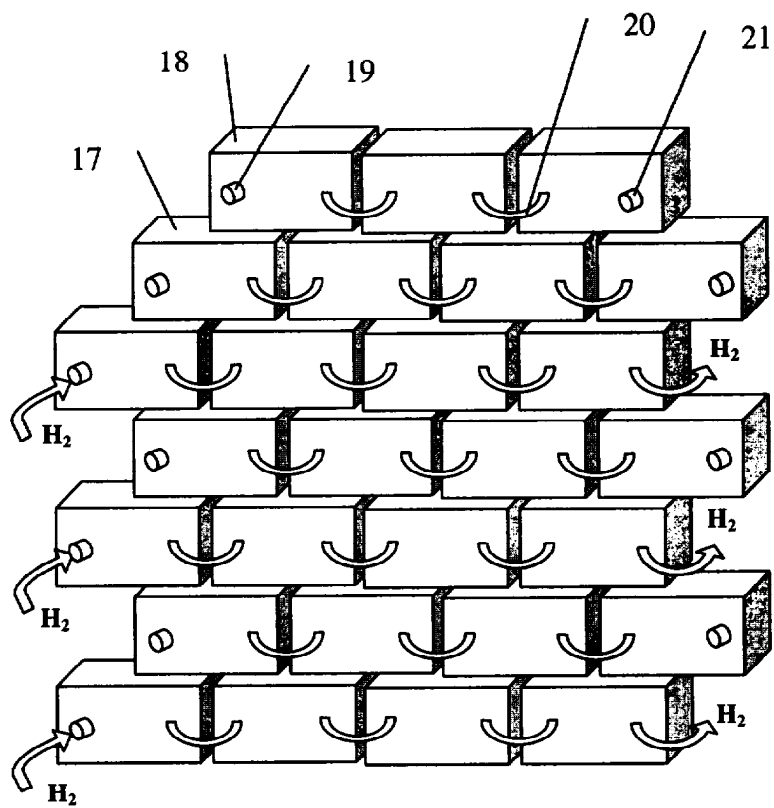
50

A-A

(сечение)



Фиг. 2



Фиг. 3