



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2010137824/04**, **13.09.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**13.09.2010**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **13.09.2010**(45) Опубликовано: **10.03.2012** Бюл. № 7(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2281312 C2**, **10.08.2006**. **WO 2007/083863 A1**, **26.07.2007**. **Deulin E.A., Nevshupa R.A. Deuterium penetration into the bulk of a steel ball of a ball bearing due to its rotation in vacuum. Applied Surface Science 144-145 (1999) 283-286. RU 2008111948 A**, **10.10.2009**.

Адрес для переписки:

**105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, МГТУ им Н.Э. Баумана, Центр защиты интеллектуальной собственности (для Е.А. Деулина, МТ 11)**

(72) Автор(ы):

**Деулин Евгений Алексеевич (RU),  
Моос Евгений Николаевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)****(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ТОПЛИВА**

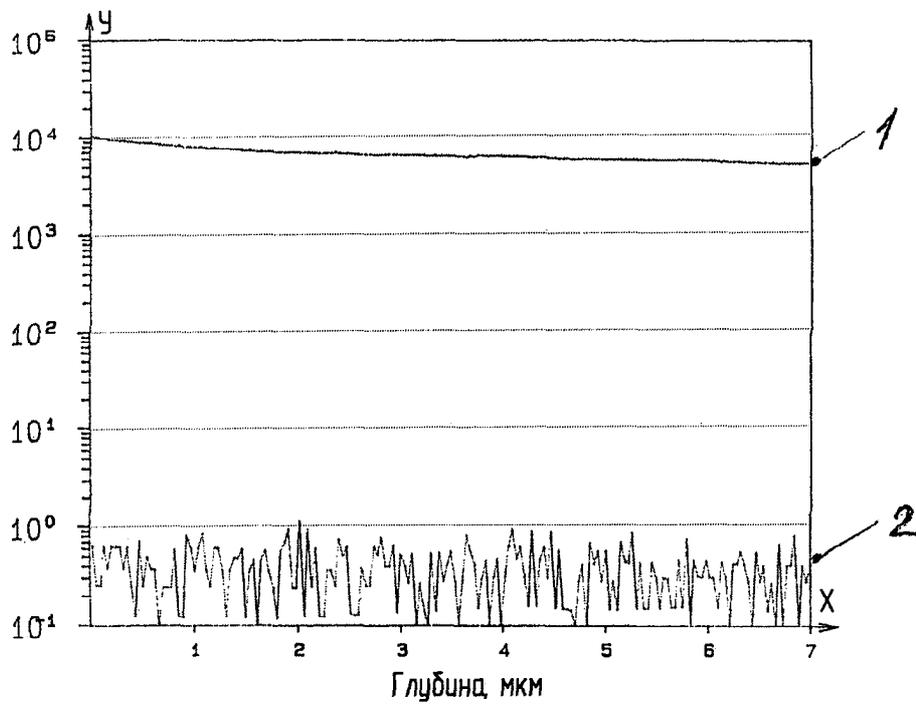
(57) Реферат:

Изобретение относится к области создания экологически чистого топлива на базе возобновляемых ресурсов органического растительного происхождения. Способ получения наноструктурированного топлива заключается в измельчении элементов сырья органического растительного происхождения до размера радиуса наночастиц не более 100 нм. С помощью водокольцевых насосов создают разреженную атмосферу, лишенную кислорода и содержащую пары воды. Топливо измельчают в созданной атмосфере.

Поверхность полученных наночастиц топлива покрывается монослоем сорбированных молекул воды. В разреженной атмосфере происходит диссоциация молекул сорбированной воды на радикал ОН и атомы водорода или его изотопов. При этом атомы водорода или его изотопов проникают и накапливаются внутри наночастиц топлива. Полученные частицы топлива смешивают с этиловым спиртом до образования гомогенной смеси. Технический результат - увеличение теплотворной способности топлива, получение экологически чистого топлива. 2 ил., 4 табл.

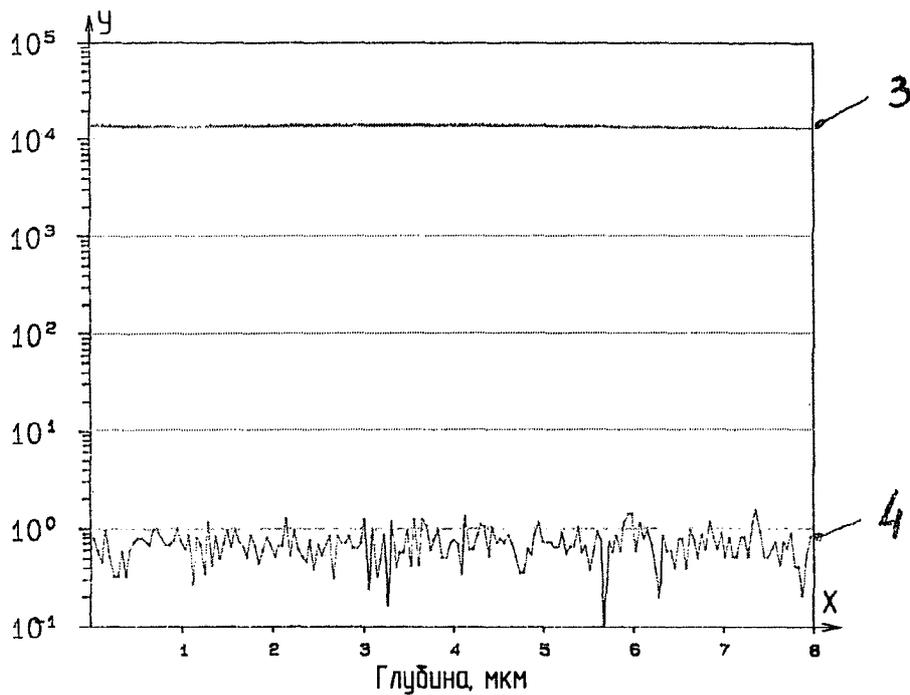
RU 2 4 4 4 5 6 1 C 1

RU 2 4 4 4 5 6 1 C 1



Распределение концентрации атомов водорода (кривая 1) и дейтерия (кривая 2) в базовом образце каменного угля

Фиг.1



Распределение концентрации атомов водорода (кривая 3) и дейтерия (кривая 4) в том же образце каменного угля после трения в течение 30 сек

Фиг.2

RU 2444561 C1

RU 2444561 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010137824/04, 13.09.2010**

(24) Effective date for property rights:  
**13.09.2010**

Priority:

(22) Date of filing: **13.09.2010**

(45) Date of publication: **10.03.2012 Bull. 7**

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ja Baumanskaja, 5, MGTU  
im N.Eh. Baumana, Tsentr zashchity  
intellektual'noj sobstvennosti (dlja E.A.  
Deulina, MT 11)**

(72) Inventor(s):

**Deulin Evgenij Alekseevich (RU),  
Moos Evgenij Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovanija  
"Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet imeni N.Eh. Baumana" (MGTU im.  
N.Eh. Baumana) (RU)**

(54) **METHOD OF PRODUCING NANOSTRUCTURED FUEL**

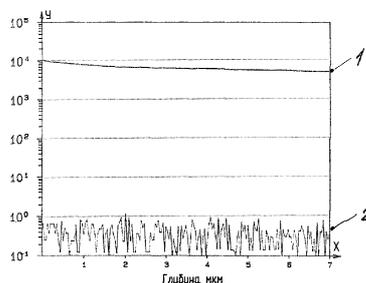
(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: proposed method consists in grinding organic origin stock elements to nanoparticle radius of not over 100 nm. Liquid-packed ring pumps are used to created rarefied atmosphere deprived of oxygen and containing water vapors. Fuel is minced in said atmosphere. Surface of produced nanoparticles is coated with monolayer of sorbed water molecules. Sorbed water molecules dissociate in rarefied atmosphere into OH radical and atoms of hydrogen or its isotopes. Note here that atoms of hydrogen or its isotopes penetrate into fuel nanoparticles to ne accumulated therein. Produced fuel particles are mixed with ethanol to produce homogeneous mix.

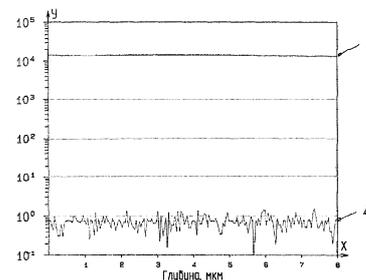
EFFECT: higher calorific value, pollution-free fuel.

1 cl, 2 dwg, 4 tbl



Распределение концентрации атомов водорода (кривая 1) и дейтерия (кривая 2) в базовом образце каменного угля

Фиг.1



Распределение концентрации атомов водорода (кривая 3) и дейтерия (кривая 4) в том же образце каменного угля после трения в течение 30 сек

Фиг.2

RU 2 444 561 C1

RU 2 444 561 C1

Область техники

Изобретение относится к области создания экологически чистого топлива, в том числе автомобильного, на базе возобновляемых ресурсов органического растительного происхождения.

Уровень техники

В последнее время все возрастающее количество научных тепловых, энергетических и автомобильных компаний начинает заниматься поиском экологически чистых возобновляемых источников топлива на основе ресурсов растительного происхождения ([1] - David Whilby. New Environmentally. Applicable Esters Suitable for the New European Eco-label Criteria /Lubricants, Materials and Lubrication Engineering/ TAE, Ed. Wilfred J. Bartz / Book of Synopses, 2008, p.148).

Известно использование такого высококалорийного топлива как этиловый спирт, получаемый в последнее время в развивающихся странах (Аргентине, Бразилии и др.) из сырья растительного происхождения, такого как сахарный тростник, просо, кукуруза, сырая древесина тропического происхождения и др. ([2] - Alkylated Naphthalenes as Performance Synthetic Fuels /Automotive and Industrial Lubrication/: Technique Academic Esslingen Hrsg: Wilfreid J. Bartz, - Ostfildern:, Book of Syn. 2006/ - p.p.238-239).

Известен способ получения органического топлива, заключающийся в предварительном измельчении сырья путем дефрагментации, в частности механического истирания, и последующего смешивания образовавшихся частиц с носителем, в том числе с жидкостью, до образования гомогенной смеси и прессовании под давлением полученного материала ([3] - Патент РФ №2373262, МПК C10L 5/44, опубл. 27.04.2009 г.).

Наиболее близким решением является способ получения органического топлива, заключающийся в измельчении элементов сырья органического растительного происхождения путем дефрагментации, в частности механического истирания, накопления частиц требуемого размера и последующего смешивания образовавшихся частиц с жидкостью-носителем до образования гомогенной смеси (в газообразной среде и в вакууме без доступа воздуха, использование частиц размером 0,05 мм), [4] - Патент РФ №2281312, МПК C10B 49/00, опубл. 2006 г.).

Недостатком известного способа является использование частиц указанного размера (0,05 мм), что ограничивает их эффективное использование в двигателях, т.к. ведет к засорению фильтров двигателя. Также и повышение теплотворной способности, присущее прототипу, не удовлетворяет реальным требованиям.

Раскрытие изобретения

Технической задачей изобретения является создание доступного и надежного способа получения наноструктурированного топлива путем использования в качестве присадки водорода и/или его изотопов, накопления его изотопов в наночастицах диспергированного органического (растительного и искусственного) происхождения для последующего использования в тепло- и электроэнергетике, на транспорте и в других областях. Исходным сырьем могут быть отходы лесной, лесоперерабатывающей, сельскохозяйственной, торфоперерабатывающей, химической или угольной отраслей, в которых в процессе переработки (истирания) накапливается водород и/или изотопы, содержащиеся в водяных парах атмосферного воздуха (в частности, по запасам торфа Россия занимает первое место в мире). Особенно актуальным изобретение может оказаться в условиях длительного пребывания в космосе, требующего универсального легко транспортируемого энергоносителя. В космическом вакууме может быть реализовано само производство нанотоплива.

Новыми задачами, решаемыми в изобретении, являются задачи изменения масштабного уровня вещества до наномасштабного уровня, с использованием топлива растительного и искусственного происхождения, которые включают:

- использование наночастиц с радиусом описанной окружности до 100 нм,
- повышение теплотворной способности топлива.

Сортировку полученных при истирании частиц топлива можно решить использованием уже известных мелкоячеистых сит, используемых в мукомольной промышленности (ГОСТ Р 52189-2 и др.), которые при «шаге» или размере ячеек сетки сита 20-50 мкм позволяют получение радиуса описанной окружности частиц 10-25 мкм. Учитывая максвелловский закон распределения отсортированных мелкоячеистыми ситами частиц является очевидным присутствие частиц с указанным выше «наноразмером», но с вероятностью меньшей, чем для частиц «номинального размера» по ГОСТ Р 52189-2. Техническое решение отделения с помощью вибростендов частиц «наноразмера» от общей массы просеянных частиц уже широко известно;

- изменение дисперсного уровня размеров топливных элементов (дров, угля, торфа и других органоэлементов), используемых в традиционной теплоэнергетике, базирующейся на топливе растительного происхождения (котельных, отопительных системах, теплостанциях), с переходом на наноуровень в сочетании с жидкостью-носителем в виде «наносуспензии» создает переход к рациональному с энергетической точки зрения повышению теплотворной способности топлива.

Суть предлагаемого способа заключается в том, что измельчение частиц топлива (т.е. их истирание в мельнице) производят до размера  $x$  частиц, когда описывающий радиус наночастиц не превышает 100 нм, (пока атомы водорода и/или его изотопов не проникнут вглубь материала образуемых при трении «наночастиц», что определяется временем  $t$ , где  $t$  - время проникновения молекулы водорода от поверхности до середины наночастицы - время диффузии атомов водорода, сорбированного на поверхностях истираемых частиц, от этих поверхностей до центра формируемых наночастиц), подвергают их трению в разреженной атмосфере, лишенной кислорода и содержащей пары воды и не содержащей атмосферного кислорода, до образования на поверхности наночастиц монослоя, состоящего из паров сорбированной воды, а затем до диссоциации молекул сорбированной воды на радикал ОН и атомы водорода / или его изотопов, при этом время измельчения сырья (как время истирания сырья, так и время проникновения  $t$ ) определяется временем диффузии атомов водорода, сорбированного на поверхностях истираемых частиц, от этих поверхностей до центра формируемых наночастиц, при этом начальная повышенная концентрация  $C_1$  водорода или его изотопов в материале наночастиц определяется концентрацией этих атомов в монослое сорбата у поверхности наночастицы, а температура  $T$  наночастиц, повышаемая и измеряемая в процессе истирания, определяет скорость диффузии изотопов водорода,  $p$ ,  $p_s$  - истинное давление и давление насыщающих паров сорбата, определяющие процесс растворения атомов водорода измеряют и регулируют с помощью вакуумметров и водокольцевых насосов, обеспечивая при технологическом процессе давление не больше давления насыщающих паров жидкости-носителя, время, затрачиваемое на измельчение, определяют временем проникновения растворенных атомов водорода и/или его изотопов с приповерхностных слоев на глубину  $x$  до 100 нм, определяемую расстоянием от поверхности до центра наночастицы, измеряют расчетную площадь  $F_T$  поверхности наночастицы, подвергнутой трению, и определяют исходную концентрацию  $C_{surfH}$  по формуле:

$$C_{surfH} = \Theta N_{1П} d_0 F_T \quad (1)$$

где  $N_{1П}$  - число «мест» для сорбируемых молекул водорода или его изотопов на единичной площади поверхности наночастицы, подвергаемой трению,

$d_0$  - диаметр молекулы сорбата ( $d_0 \sim 0,3$  нм),

$F_T$  - расчетная площадь поверхности наночастицы, подвергнутая трению,

$\Theta$  - коэффициент покрытия поверхности трения сорбированным водородом или его изотопом, определяемый по формуле:

$$\Theta = e^{\frac{E_1 - E_L}{RT}} \cdot p \cdot \left( (p_s - p) \cdot \left( 1 + \left( e^{\frac{E_1 - E_L}{RT}} - 1 \right) \cdot \frac{p}{p_s} \right) \right)^{-1}, \quad (2)$$

где  $E_1$  - теплота физической адсорбции 1<sup>го</sup> слоя Дж·кмоль<sup>-1</sup>;

$E_L$  - теплота парообразования L-го слоя, Дж·кмоль<sup>-1</sup>;

$p, p_s$  - истинное давление и давление насыщающих паров сорбата, Па;

$R$  - универсальная газовая постоянная;

$T$  - температура сорбата;

также определяют расчетную концентрацию  $C(x,t)$  растворенных атомов водорода и/или его изотопов у поверхности наночастиц по формуле:

$$C(x, t) = (C_{surfH} - C_i) \cdot \left( 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right) \right) + C_i, \quad (3)$$

где  $x$  - среднеквадратичное расстояние (не превышающее 100 нм) от поверхности до центра наночастицы, образующей топливный квазираствор,

$t$  - время проникновения молекулы водорода от поверхности до середины наночастицы,

$C_{surfH}$  - концентрация атомов водорода в первом монослое сорбата, ат/см<sup>3</sup>;

$C_i$  - начальная концентрация водорода или его изотопа в объеме материала накопителя ат/см<sup>3</sup>;

$D$  - коэффициент диффузии водорода или его изотопа в материале наночастицы,

$\operatorname{erf}$  - функция ошибок Гаусса;

и при достижении концентрации водорода в центре наночастицы не менее  $0,1 C_0$ , т.е. концентрации при  $x=0$  и времени проникновения молекулы водорода от поверхности до середины наночастицы  $t=0$ , смешивают образовавшиеся наночастицы с жидкостью-носителем, при этом накопление требуемого количества водорода или его изотопов в единице объема формируемой наночастицы рассчитывают по формуле

$$N_T = F_T \cdot \int^x \int^t dC(x, t) / dx \cdot dt \quad (4)$$

а суммарное количество атомов водорода, накопленное в объеме наночастицы топлива определяют как:

$$N_{\Sigma} = N_T \cdot V_N \quad (5)$$

где  $V_N$  - среднестатистический объем одной наночастицы органической или растительной составляющей для сформированного топлива.

а теплотворная способность производимого нанотоплива будет равна:

$$A_T = N_{\Sigma 1} (N_{\Sigma} A_{OH} + V_P A_P) \quad (6)$$

где  $N_{\Sigma 1}$  - число наночастиц органической или растительной составляющей в единичном объеме топлива,

$V_P$  - объем растворителя (жидкости-носителя), приходящийся на объем одной наночастицы,

$A_{OH}$  - энергия связи атомов водорода и кислорода, т.е работа окисления атома водорода,

$A_p$  - удельная теплотворная способность растворителя топлива.

При реализации способа после измельчения исходного сырья до требуемого (нано)размера полученные частицы смешивают с жидкостью-носителем, в качестве которой используется этиловый спирт до образования гомогенной суспензии, которая и является получаемым топливом. Разреженную атмосферу, содержащую пары воды и не содержащую атмосферный кислород, создают с помощью водокольцевых насосов, которые обеспечивают рабочий вакуум, целиком состоящий из паров воды. При этом поверхность формируемых наночастиц покрывается монослоем сорбированных молекул воды, выделяющийся при этом водород или его изотопы поглощаются сорбентом, который является надежным накопителем водорода и дейтерия.

В настоящее время существует много методов создания эффективных устройств для накопления водорода и других газов, в частности пневмопривод, базирующийся на сплавах-накопителях водорода ([5] - Патент РФ №2191921, БИ №30 от 27.10.2002). Все упомянутые накопители газов основаны в основном на поглощении (сорбции) газов так называемыми «нераспыляемыми» газопоглотителями.

Изобретение основано на использовании свойства многих материалов активно поглощать молекулы водорода в процессе трения названного авторами изобретения явлением «механостимулированной диффузии», исследованного одним из авторов данной заявки в 1997 г. ([6] - Deulin E.A. Exchange of gases at friction in vacuum // ECASIA '97. - John Wiley & sons, Nov. 1997. P.1170) и подтвержденного экспериментально в 1999 г. ([7] - Deulin E.A., Nevshupa R.A. Deuterium penetration into the bulk of a steel ball of a ball bearing due to it's rotation in vacuum. Applied Surface Science 144-145 (1999) 283-286).

Как показывают эксперименты, количество выделяющегося водорода при «механостимулированной» диффузии обладает распределением концентрации согласно второму закону Фика и имеет такой же характер распределения, как и распределение концентрации дейтерия, при этом наибольшая концентрация водорода  $C_{max}=3 \cdot 10^{21}$  ат/см<sup>3</sup> и общая глубина его проникновения  $x > 1.7$  мкм больше, чем для дейтерия.

Как показали дополнительные эксперименты для каменного угля описанный процесс носит универсальный характер. Полученные результаты приведены на фиг.1 и фиг.2. (где на фиг.1 приведена зависимость распределения концентрации атомов водорода (кривая 1) и дейтерия (кривая 2) в базовом образце каменного угля, а на фиг.2 - распределение концентрации атомов водорода (кривая 3) и дейтерия (кривая 4) в том же образце каменного угля после трения в течение 30 сек.) Для удобства сопоставления представленных выше в тексте значений концентрации  $C(x,t)$  с цифрами, представленными на фиг.1 и фиг.2. по осям  $Y$  (где параметр  $Y$  - число атомов, обнаруженных прибором на глубине  $X$  за 1 секунду), значения концентраций атомов водорода (дейтерия)  $C(x,t)$  ат/см<sup>3</sup> находятся умножением значения  $Y$  на  $10^{20}$ . Результат умножения имеет размерность ат/см<sup>3</sup>.

Данные результаты, впервые полученные на установке ВИМС анализа для каменного угля, показывают, что истирание угля в течение 30 сек вызывает на глубине 4 мкм увеличение концентрации водорода от  $C_H=7 \cdot 10^{23}$  ат/см<sup>3</sup> до значения  $C_H=1,4 \cdot 10^{24}$  ат/см<sup>3</sup>, т.е. в два раза.

Те же фиг.1 и фиг.2 на нижних графиках (для дейтерия) показывают, что истирание угля в течение 30 сек вызывает на глубине 4 мкм увеличение концентрации дейтерия от  $C_D=5 \cdot 10^{19}$  ат/см<sup>3</sup> до значения  $C_D=1 \cdot 10^{20}$  ат/см<sup>3</sup>, т.е. также в два раза, но для значений концентраций, примерно в 10000 раз меньших.

В таблице 1 представлены численные показатели изменения (увеличения) начальной концентрации водорода и дейтерия в результате процесса трения для первых испытанных авторами образцов.

В таблице 1 представлены численные показатели изменения (увеличения) начальной концентрации дейтерия в результате процесса трения для первых испытанных авторами образцов.

Таблица 1		
Глубина проникновения $x$ , мкм	Концентрация растворенных атомов дейтерия (ат/см <sup>3</sup> ), время проникновения 2 мин	Концентрация растворенных атомов дейтерия (ат/см <sup>3</sup> ), время проникновения 24 мин
0,1	$8 \cdot 10^{17}$	$4 \cdot 10^{18}$
0,3	$3 \cdot 10^{17}$	$8 \cdot 10^{17}$

Экспериментальные результаты для дейтерия получены при скорости скольжения  $V_{ск} = 10^{-2}$  м/с при начальной концентрации  $C_i = 2 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>3</sup>, парциальном давлении в рабочей камере дейтерия  $10^{-2}$  Па.

Аналогичная таблица 2 экспериментальных результатов получена для водорода: при скорости трения 0,5 м/с, начальной концентрации  $C_i = 6 \cdot 10^{20}$  ат/см<sup>3</sup>, давлении паров воды 8 мм рт.ст. (50% влажность воздуха).

Таблица 2	
Глубина проникновения $x$ , мкм	Концентрация растворенных атомов водорода (ат/см <sup>3</sup> ), время проникновения 2 мин
0,1	$9 \cdot 10^{21}$
0,3	$5 \cdot 10^{21}$

Как следует из теории, концентрация растворенного водорода по глубине вдоль выбранного направления - оси X описывается уравнением нестационарной диффузии (преобразованный авторами второй закон Фика рассматривает сорбат в качестве поверхностной составляющей тела наночастицы) - очень медленно меняется со временем в соответствии с формулой (3).

Анализ представленных результатов показывает, что этот процесс вызывает значительное наводороживание материала (в том числе металла), превышающее исходное содержание на 3...4 порядка (то есть в 1000...10000 раз), и обеспечивает наводороживание, достигаемое традиционными методами.

Опыт показывает возможность технологическим методом реализации процесса накопления водорода и его изотопов в наночастицах предлагаемого топлива, что не достижимо известными способами. При этом водород, растворяющийся в наночастицах, формирующим образующимся топливом, проникает внутрь материала этих частиц с их поверхностей, подвергаемых трению при изготовлении топлива. Сам процесс трения многообразен, так как включает не только «классическое» механическое трение, но и процессы резания и дробления фрагментов исходного сырья на наночастицы. Водород проникает внутрь материала наночастиц с поверхности, из первого монослоя сорбата, где он появляется в результате диссоциации молекул воды, сорбированных на поверхности.

Существенным преимуществом изложенного способа перед известными является то, что с целью предотвращения взрывов смеси в процессе перемалывания сырья и катастрофических последствий в устройствах для механического измельчения перемалываемого растительного или органического сырья процесс механического измельчения производят в вакууме, создаваемом водокольцевыми вакуумными насосами при рабочем давлении не больше давления насыщающих паров воды при

температуре стенок рабочей камеры для измельчения сырья, наночастицы подвергают трению, а процесс квазирастворения продуктов измельчения в жидкости-носителе также производят в вакууме при рабочем давлении не больше давления насыщающих паров жидкости-носителя, а время, затрачиваемое на измельчение, определяется среднеквадратичным размером  $x$  - расстоянием от поверхности до центра наночастицы, а расчетную концентрацию растворенного в центре наночастицы водорода и его изотопов определяют согласно формуле (3).

Были проведены эксперименты, показывающие влияние наводороживания при трении на теплотворную способность топлива. Показано, что, используя описанные приемы и условия сильного наводороживания, можно добиться увеличения теплотворной способности топлива.

При прочих равных условиях сначала поджигался цельный кусок сухого спирта массой 2,5 г, а затем сухой спирт той же массы, но подвергнутый обработке с использованием приемов предлагаемого способа при температуре 60°C. Над горелкой находился алюминиевый сосуд с 314 г воды при температуре 5°C, накрытый алюминиевой крышкой. Задача эксперимента состояла в получении прямых и косвенных доказательств увеличения теплотворной способности твердой составляющей топлива.

После полного сгорания топлива, в случае с цельным сухим спиртом, термометр показал температуру воды в сосуде 42°C. А в случае с измельченным топливом термометр показал 49°C. Это свидетельствует о том, что теплотворная способность наводороженного топлива напрямую зависит от температуры, при которой происходило механическое воздействие. Это объясняется также зависимостью диффузии от температуры, а процесс наводороживания и представляет из себя диффузию.

Экспериментально были получены косвенные доказательства увеличения теплотворной способности.

Результаты (см. таблицу 3 - для водорода и таблицу 4 - для дейтерия) показали плавное изменение теплотворной способности и концентрации от температуры на участках от -30°C до 26°C и от 50°C до 100°C. На участке от 26 до 50°C резкое увеличение концентрации и теплотворной способности объясняется переходом от одного механизма диффузии к другому, т.к. до 26°C процесс диффузии представляет из себя когерентное туннелирование, а после 50°C происходит процесс перескока из одного междоузлия в другое, при котором диффузия идет значительно быстрее. Получение прямых и точных значений увеличения теплотворной способности требует расчетной обработки (см приложение). Расчетные значения увеличения теплотворной способности топлива для каменного угля со спиртом в качестве жидкой составляющей приведены ниже.

Таблица 3 - для водорода

X, мкм	t, мин	T, К	P, Па	p <sub>s</sub> , Па	F <sub>T</sub>	C <sub>surfH</sub> ат/см <sup>3</sup>	N <sub>1П</sub>	Θ	A <sub>T</sub> (добавочн)
0,01	2	293	1150	2327,5	1,2*10 <sup>-17</sup>	8*10 <sup>21</sup>	1*10 <sup>19</sup>	2	2,06589*10 <sup>7</sup>
0,03	2	293	1150	2327,5	3,6*10 <sup>-17</sup>	2*10 <sup>21</sup>	1*10 <sup>19</sup>	2	3,30389*10 <sup>7</sup>
0,03	24	298	1150	2327,5	3,6*10 <sup>-17</sup>	2*10 <sup>21</sup>	1*10 <sup>19</sup>	2	8,88089*10 <sup>7</sup>
0,1	24	298	1150	2327,5	1,2*10 <sup>-15</sup>	4*10 <sup>21</sup>	1*10 <sup>19</sup>	2	1,05102*10 <sup>7</sup>

Таблица 4 - для дейтерия

X, мкм	t, мин	T, К	P, Па	p <sub>s</sub> , Па	F <sub>T</sub>	C <sub>surfH</sub>	N <sub>1П</sub>	Θ	A,
--------	--------	------	-------	---------------------	----------------	--------------------	-----------------	---	----

0,01	2	293	$10^{-5}$	$10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-17}$	$8 \cdot 10^{17}$	$3 \cdot 10^{18}$	0,3	$2,077 \cdot 10^4$
0,03	2	293	$10^{-5}$	$10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-15}$	$4 \cdot 10^{17}$	$3 \cdot 10^{18}$	0,3	$2,526 \cdot 10^4$
0,03	24	298	$10^{-5}$	$10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-15}$	$4 \cdot 10^{17}$	$3 \cdot 10^{18}$	0,3	$2,844 \cdot 10^4$
0,1	24	298	$10^{-5}$	$10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-15}$	$4 \cdot 10^{17}$	$3 \cdot 10^{18}$	0,3	$9,539 \cdot 10^5$

5

Поскольку процесс механостимулированного наводороживания происходит не только в металлах и неорганике, но и в веществах органического происхождения, то, учитывая, что водород сам является топливом, описываемый процесс является способом получения энергии. Исследования теплотворной способности показали увеличение измельченного топлива по отношению к исходному. Так, показательные зависимости теплотворной способности топлива и концентрации проникших в образец атомов водорода от температуры, при которой происходило измельчение. Результаты показали увеличение теплотворной способности топлива (приблизительно на 9 МДж), измельченного при температуре  $100^\circ\text{C}$ . Очевидно, что результат не является пределом, так как температура при исследованиях была небольшой. Первые полученные авторами результаты показывают достоинства способа получения наноструктурированного топлива. Использование водорода и/или его изотопов в качестве присадки в топливе помимо увеличения теплотворной способности топлива делает его экологически безопасным.

20

#### Приложение

Расчет теплотворной способности наводороженного топлива определяем в следующем порядке.

25

Определялось суммарное количество атомов Н в наночастице с радиусом описанной окружности 100 нм:

$$N_{\Sigma} = C_{x,t} \cdot V_N = 37,6 \cdot 10^6 \text{ ат},$$

где

30

$$C_{x,t} = 8 \cdot 10^{21} \div 2 \cdot 10^{21} \text{ ат/см}^3,$$

$$V_N = 4,18 \cdot 10^{-21} \text{ м}^3.$$

Используя формулу (6):

$$A_T = N_{\Sigma 1} (N_{\Sigma} A_{OH} + V_E A_E) \quad (6)$$

35

рассчитывается теплотворная способность водорода  $A_H$ , проникшего в наночастицу:

$$A_H = N_{\Sigma 1} N_{\Sigma} A_{OH} = 1,051 \cdot 10^9 \text{ Дж},$$

где

$$N_{\Sigma 1} = 1,19 \cdot 10^{20} \text{ атомов Н},$$

40

$$N_{\Sigma} = 37,6 \cdot 10^6 \text{ ат},$$

$$A_{OH} = 2,35 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/ат}.$$

Рассчитывается исходная теплотворная способность наночастицы образца угля  $A_C$ :

$$A_C = N_{\Sigma 1} A_{C1} = 6,94 \cdot 10^1 \text{ Дж},$$

45

где

$$N_{\Sigma 1} = 1,2 \cdot 10^{20} \text{ атомов С},$$

$$A_{C1} = 5,84 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/ат}.$$

50

Таким образом расчет показывает, что водород, проникающий в наночастицу, увеличивает ее теплотворную способность от исходной величины  $6,94 \cdot 10^1$  Дж до  $A_H + A_C = 1,051 \cdot 10^9 + 6,94 \cdot 10^1 = 1051000069$  Дж, т.е. примерно в 100000000 раз.

При этом не будем забывать, что в состав образуемого топлива добавляется

жидкий носитель (этиловый спирт  $C_2H_5OH$ ) с теплотворной способностью его объема, приходящейся на одну частицу (при равных объемах твердой и жидкой составляющих суспензии топлива):

$$A_p = N_{\Sigma 1} V_p A_{p1} = 1.89 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

Проведя аналогичные расчеты для дейтерия  $H^2$ , получим:

$$A_{H^2} = N_{\Sigma 1} N_{\Sigma} A_{OH^2} = 9.35 \cdot 10^5 \text{ Дж,}$$

где

$$N_{\Sigma 1} = 1.19 \cdot 10^{20} \text{ атомов } H^2,$$

$$N_{\Sigma} = 37.6 \cdot 10^6 \text{ ат,}$$

$$A_{OH^2} = 4.7 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/ат.}$$

$$A_C = N_{\Sigma 1} A_{C1} = 6.94 \cdot 10^1 \text{ Дж,}$$

$$A_p = N_{\Sigma 1} V_p A_{p1} = 1.89 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

Таким образом, расчет показывает, что дейтерий, проникающий в наночастицу, увеличивает ее теплотворную способность от исходной величины  $6.94 \cdot 10^1$  Дж до  $A_{H^2} + A_C = 9.35 \cdot 10^5 + 6.94 \cdot 10^1 = 935069.4$  Дж, т.е. примерно в 10000 раз.

Для водорода H:					
X, мкм	t, мин	A <sub>T</sub> (добавочная), Дж	A <sub>p</sub> , Дж	A <sub>C</sub> , Дж	A <sub>H</sub> , Дж
0.01	2	$2.06589 \cdot 10^7$	$1.89 \cdot 10^4$	$6.94 \cdot 10^1$	$2.064 \cdot 10^7$
0.03	2	$3.30389 \cdot 10^7$	$1.89 \cdot 10^4$	$6.94 \cdot 10^1$	$3.302 \cdot 10^7$
0.03	24	$8.88089 \cdot 10^7$	$1.89 \cdot 10^4$	$6.94 \cdot 10^1$	$8.879 \cdot 10^7$
0.1	24	$1.0510189 \cdot 10^9$	$1.89 \cdot 10^4$	$6.94 \cdot 10^1$	$1.051 \cdot 10^9$

Для дейтерия H <sup>2</sup> :					
X, мкм	t, мин	A <sub>T</sub> (добавочная), Дж	A <sub>p</sub> , Дж	A <sub>C</sub> , Дж	A <sub>H<sup>2</sup></sub> , Дж
0.01	2	$2.077 \cdot 10^4$	$1.89 \cdot 10^4$	$6.94 \cdot 10^1$	$1.87 \cdot 10^3$
0.03	2	$2.526 \cdot 10^4$	$1.89 \cdot 10^4$	$6.94 \cdot 10^1$	$6.36 \cdot 10^3$
0.03	24	$2.844 \cdot 10^4$	$1.89 \cdot 10^4$	$6.94 \cdot 10^1$	$9.54 \cdot 10^3$
0.1	24	$9.539 \cdot 10^5$	$1.89 \cdot 10^4$	$6.94 \cdot 10^1$	$9.35 \cdot 10^5$

### Формула изобретения

Способ получения наноструктурированного топлива, заключающийся в измельчении элементов сырья органического растительного происхождения путем дефрагментации, в частности механического истирания, накоплении частиц требуемого размера и их последующего смешивания с жидкостью-носителем до образования гомогенной смеси, отличающийся тем, что измельчение частиц топлива до размера, когда описывающий радиус наночастиц не превышает 100 нм, подвергая их трению в разреженной атмосфере, лишенной кислорода и содержащей пары воды, производят сначала до образования на поверхности наночастиц монослоя, состоящего из паров сорбированной воды, а затем до диссоциации молекул сорбированной воды на радикал OH и атомы водорода / или его изотопов, при этом время измельчения сырья (время истирания сырья) определяется временем диффузии атомов водорода сорбированного на поверхностях истираемых частиц от этих поверхностей до центра формируемых наночастиц, при этом начальная повышенная концентрация  $C_i$  водорода или его изотопов в материале наночастиц определяется концентрацией этих атомов в монослое сорбата у поверхности наночастицы, а

температура  $T$  наночастиц, повышаемая и измеряемая в процессе истирания, определяет скорость диффузии изотопов водорода,  $p, p_s$  - истинное давление и давление насыщающих паров сорбата, определяющие процесс растворения атомов водорода, измеряют и регулируют с помощью вакуумметров и водокольцевых насосов, обеспечивая при технологическом процессе давление не больше давления насыщающих паров жидкости-носителя, время, затрачиваемое на измельчение, определяют временем проникновения растворенных атомов водорода и/или его изотопов с приповерхностных слоев на глубину  $x$  до 100 нм, определяемую расстоянием от поверхности до центра наночастицы, определяют исходную концентрацию  $C_{surfH}$  по формуле:

$$C_{surfH} = \Theta N_{1П} d_0 F_T, \quad (1)$$

где  $N_{1П}$  число «мест» для сорбируемых молекул водорода или его изотопов на единичной площади поверхности наночастицы, подвергаемой трению,

$d_0$  - диаметр молекулы сорбата ( $d_0 \sim 0,3$  нм),

$F_T$  - расчетная площадь поверхности наночастицы, подвергнутая трению,

$\Theta$  - коэффициент покрытия поверхности трения сорбированным водородом или его изотопом, определяемый по формуле:

$$\Theta = e^{\frac{E_1 - E_L}{RT}} \cdot p \cdot \left( (p_s - p) \cdot \left( 1 + \left( e^{\frac{E_1 - E_L}{RT}} - 1 \right) \cdot \frac{p}{p_s} \right) \right)^{-1}, \quad (2)$$

где  $E_1$  - теплота физической адсорбции 1-го слоя Дж·кмоль<sup>-1</sup>;

$E_L$  - теплота парообразования L-го слоя, Дж·кмоль<sup>-1</sup>;

$p, p_s$  - истинное давление и давление насыщающих паров сорбата, Па;

$R$  - универсальная газовая постоянная;

$T$  - температура сорбата;

также определяют расчетную концентрацию  $C(x, t)$  растворенных атомов водорода и/или его изотопов у поверхности наночастиц по формуле:

$$C(x, t) = (C_{surfH} - C_i) \cdot \left( 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right) \right) + C_i, \quad (3)$$

где  $x$  - среднеквадратичное расстояние (не превышающее 100 нм) от поверхности до центра наночастицы, образующей топливный квазираствор,

$t$  - время проникновения молекулы водорода от поверхности до середины наночастицы,

$C_{surfH}$  - концентрация атомов водорода в первом монослое сорбата, ат./см<sup>3</sup>;

$C_i$  - начальная концентрация водорода или его изотопа в объеме материала накопителя ат./см<sup>3</sup>;

$D$  - коэффициент диффузии водорода или его изотопа в материале наночастицы,

$\operatorname{erf}$  - функция ошибок Гаусса;

и при достижении концентрации водорода в центре наночастицы не менее  $0,1 C_0$ , т.е. концентрации при  $x=0$  и времени проникновения молекулы водорода от поверхности до середины наночастицы  $t=0$ , смешивают образовавшиеся наночастицы с жидкостью-носителем, при этом накопление требуемого количества водорода или его изотопов в единице объема формируемой наночастицы рассчитывают по формуле

$$N_T = F_T \cdot \int^x \int^t dC(x, t) / dx \cdot dt, \quad (4)$$

при этом суммарное количество атомов водорода, накопленное в объеме наночастицы топлива составляет:

$$N_E = N_T \cdot V_N, \quad (5)$$

где  $V_N$  - среднестатистический объем одной наночастицы органической или растительной составляющей для сформированного топлива.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50