

means have been taken to minimize the losses during a successful hacking attempt.

The main problem refers to IP-telephony security is that they are too open, and violators can attack their components relatively easily. Despite the fact that such attacks are not yet widespread, hackers can optionally carry them out, since attacks on traditional IP networks can be directed almost unchanged to the transmission of digital signal, voice or video. On the other hand, the similarity between conventional IP networks and IP telephony networks also tells us how to protect them. Thanks to the developed system it is possible to prevent attacks on the system of IP-telephony and to minimize losses in case of successful attempt of intervention. Also, in the article the block diagram and the principle of the algorithm of the proposed method are considered.

The proposed method and system can be used when using IP-telephony networks for communication on Unix-like platforms and the usage of the Putty application by Windows software users.

It is important to remember that malicious attacks are applicable to both traditional and IP telephony. The question is that detecting, locating and preventing threats in the IP telephony system is a much simpler and less costly task. In this case, the cost of IP-telephony is significantly lower than analog. The task is to properly implement and debug the IP system and ensure its

smooth running with minimal risk aversion. Security features were explored at TIS Telecom.

#### References:

1. L. Madsen, J. V. Meggelen, J. Smith "Asterisk: The Future of Telephony", 656, 2015
2. Кавун С.В. Інформаційна безпека. Навчальний посібник. Ч.1. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2008. – 352 с.
3. Хорев П.Б. Методы и средства защиты информации в компьютерных системах: Учеб. Пособие для студ. Высш.учеб. заведений – М.: Издательский центр – Академия, 2005. – 8с.
4. Демпстер Б. Gomillion D. Побудова систем телефонії за допомогою Asterisk – Birmingham: Packet Publishing, 2005. – 176 с.
5. Bekala Katarzyna. Algorithm for protecting access to confidential information in IP-telephony networks // Европейская наука XXI века. – 2018. – с. 55-58.
6. Корниенко Б.Я., Бекала К.И., Галата Л.П. Исследование уязвимостей сетей IP-телефонии // Тенденции современной науки. – 2018. – с. 39-42.
7. Бекала К.И. Алгоритм защиты сетей IP-телефонии от несанкционированного доступа // Комп'ютерні системи і мережні технології. – № 11, 2018. – с. 9-10.

*Данилов Александр Петрович*

*Инженер-механик, горный инженер  
Автор теории Поглощения энергии,  
советник генерального директора  
ООО «Компания «Восточный уголь»,  
121059, г. Москва,*

*Деулин Евгений Алексеевич*

*Доктор технических наук,  
профессор МГТУ им. Н.Э.Баумана  
105005, Москва*

УДК 533.5:614.839.54:620.9:661.9:622.235

© А.П. Данилов, Е.А. Деулин 2019

### **ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДО -СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРИ ШАХТНОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЯ**

**Аннотация.** В статье говорится, что атомарный водород, являющийся попутным видом топлива при добыче каменного угля появляется в виде раствора атомов водорода в частицах угольной пыли, являющейся продуктом воздействия рабочего органа комбайна или струговой установки на добываемый уголь. Мелкая угольная пыль, появляющаяся во время добычи угля и оседающая на стены и пол выработок шахт и, отдельно, забоев представляет собой «вакуумную взрывчатку», которая представляет собой опасность, с другой стороны она представляет собой уже, обогащенное водородом топливо, которое нам надо научиться утилизировать для получения дополнительной прибыли при угледобыче и на ТЭЦ, что нано-структурированное топливо в 2-3 раза дешевле дизельного топлива и приближается низкой стоимости водоугольного топлива, хотя по теплотворной способности значительно превосходит последнее, приближаясь к дизельному топливу.

**Abstract.** The article states, that atomic hydrogen, which we consider as a by-product of coal mining appears as a solution of hydrogen atoms in the particles of coal dust, which is the product of the impact of the working body of the combine or plow installation on the extracted coal. Fine coal dust that appears during coal mining and settles on the walls and floor of mine workings and, separately, the faces is a "vacuum explosive", which is a danger, on the other hand, it is already hydrogen-enriched fuel, which must be learned to recycle for additional profit in coal mining and in the mills of thermal power plants, we show that nano-structured fuel is 2-3 times cheaper than diesel fuel and approaching the low cost of coal fuel, although the calorific value is much superior to the latter, approaching the diesel fuel.

Основные термины и слова: уголь, угольная пыль, атомный водород, нано-структурированное топливо, шахтные выработки.

Basic terms and words: coal, coal dust, atomic hydrogen, nanostructured fuel, mine workings.

Говоря об отходах при шахтной добыче угля напомним, что одним из наиболее часто упоминаемых попутных продуктов, появляющихся при добыче каменного угля является метан, взрывоопасность которого хорошо известна, тем не менее задача утилизации угольного метана в газоносных бассейнах РФ, например, на основе концепции локальных угле-газ-энергетических комплексов (ЛУГЭК) уже рассматривается [1]. Мировой опыт извлечения угольного метана и его использования в промышленных целях [2] уже доказал свою эффективность в США, Китае, и может быть рекомендован для создания углеэнергетических комплексов в Кузбассе, Печерском и Дальневосточном угольных бассейнах. По данным [1] метан, находящийся в угольных пластах в свободной фазе легко поддается извлечению, в то время как метан содержащийся в микропористой фазе трудно извлекаем. По тем же данным теплотворная способность метана, добавляемого в газовое топливо составляет около  $10 \text{ МДж/м}^3$ . В данной статье речь идет о другом известном, но хорошо забытом попутном продукте – атомарном водороде, являющимся более эффективным чем метан, и в то же время попутным газообразным топливом, появляющимся при добыче каменного угля. Использование водорода при угледобыче еще не нашло применения, хотя это технологически просто реализуемо, о чем далее пойдет речь. Известен ряд российских и иностранных патентов на так называемое водо-угольное топливо [3,4,5] которое использует угольные частицы, размером от  $1 \text{ мкм}$  до  $10 \text{ мкм}$ , размещаемые в воде, используемой в качестве носителя основного продукта топлива. Авторы указанных патентов используют хорошие тепловыделяющие свойства мелких угольных частиц, но при этом они пошли по кратчайшему и простейшему технологическому пути, используя воду в качестве носителя, не

учитывая того, что при сгорании угольной составляющей топлива вода должна испаряться, забирая большую теплоту идущую на парообразование. Этот недостаток устранен авторами в патенте [7], рассматриваемом ниже.

Теперь вернемся к водороду, учитывая, что водород- это составляющая атмосферы, и при этом содержание водорода в атмосфере очень мало ( $P_{\text{H}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Торр}$ ), и его получение, реализуемое на практике электролизом воды просто, но не эффективно и опасно. С другой стороны, технология получения водорода, как элемента топлива, основанная на использовании свойств многих материалов активно поглощать атомы водорода в процессе трения, подробно описана в публикации [6] и может быть промышленно реализуема. Эта технология вызывает наводороживание материала, которое на 3-4 порядка превышает наводороживание, достигаемое традиционными методами [8]. Опыт авторов показывает возможность накопления водорода и его изотопов в нано частицах предлагаемого топлива, основанного на использовании водорода, что подробно описано в патенте на способ получения нано-структурированного топлива [7]. Рассмотрим физику получения водорода, используемого в топливе из окружающей нас воды, согласно запатентованной технологии. Вода, всегда входящая в состав атмосферы сорбируется на всех поверхностях шахтного забоя и при работе инструмента её молекулы диссоциируют на  $\text{H} + \text{OH}$  составляющие [8]. Основа технологического процесса базируется на процессе проникновения атомов водорода внутрь нано частиц перемалываемого угля с их поверхности, а именно, из первого монослоя сорбата (слева и в центре на рис.1), где он возникает в результате диссоциации сорбированных на поверхности молекул воды:  $\text{H}_2\text{O} = \text{H} + \text{OH}$ . [9].

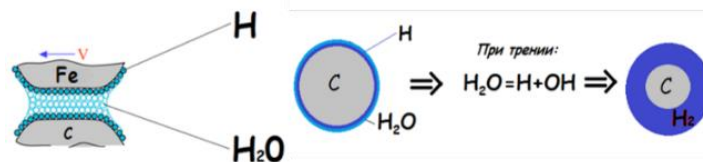


Рис. 1 Вид процесса образования атомов водорода  $\text{H}$  на поверхностях твердых частиц угля ( $\text{C}$ ) и их диффузии в материал от поверхности трения. Зона диффузии атомов водорода выделена темным цветом

Представленный на рис 1 процесс происходит при т.н. «сухом трении» везде и всегда, но становится взрывоопасным лишь при очень малых размерах измельчаемых частиц, в нашем случае угольной пыли. Существенным преимуществом способа является то, что с целью предотвращения взрывов смеси процесс измельчения производится в вакууме, при рабочем давлении насыщающих

паров воды, а процесс проникновения продуктов измельчения в жидкость – носитель также производится в вакууме [6,10]. Время, затрачиваемое на измельчение, определяется среднеквадратичным расстоянием  $x$  от поверхности до центра нано частицы, а расчётная концентрация растворённого в центре частицы водорода и его изотопов составляет [9]:

$$C_0(x, t) = (C_{surfH} - C_i) \cdot \left(1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}}\right)\right) + C_i \quad (1)$$

$F_T$  - расчётная площадь поверхности nano частицы, подвергнутая трению,

$C_{surfH}$  - исходная концентрация атомов водорода или его изотопа в первом монослое, сорбированном на поверхности nano частицы;

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

$E_1$  - 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,

$N_{II}$  - число «мест» для сорбируемых молекул водорода или его изотопов на единичной площади поверхности частицы угля, подвергаемой трению

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

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

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

$x$  - среднеквадратичное расстояние от поверхности до центра nano частицы, образующей топливную суспензию;

Накопление требуемого  $N_T$  количества атомов водорода или его изотопов в единице объёма отдельно рассматриваемой nano частицы зависит от указанных выше параметров процесса трения при измельчении сырья и определяется выражением:

$$N_T = F_T \cdot \int^x \int^t dC_0(x, t) / dx \cdot dt \quad (3)$$

Тогда суммарное количество атомов водорода, накопленное в объёме nano частицы топлива составляет:

$$N_{\Sigma} = N_T \cdot V_N \quad (4)$$

$$C_{surf} = \Theta N_{II} d_0 F_T$$

$\Theta$  - коэффициент покрытия поверхности трения сорбированным водородом или его изотопом

При этом теплотворная способность производимого нами топлива будет равна:

$$A_T = N_{\Sigma 1} (N_{\Sigma} A_{OH} + V_P A_P) \quad (5)$$

Где:  $N_{\Sigma 1}$  - Число nano частиц твердой составляющей в единичном объёме топлива, /м<sup>3</sup>

$V_P$  - объём растворителя, приходящийся на объём одной nano частицы, м<sup>3</sup>

$V_N$  - среднестатистический объём одной nano частицы  $A_{OH}$  - энергия связи атомов водорода и кислорода (работа окисления атома водорода), Дж/атом

$A_P$  - удельная теплотворная способность растворителя топлива, Дж/м<sup>3</sup>

Полученное выражение ф.(5) позволило авторам произвести оценку теплотворной способности описываемого nano-структурированного топлива [7] и сравнение с другими видами топлива, предлагаемыми на мировом рынке. Авторами был произведен расчёт теплотворной способности топлива-суспензии для 3х вариантов топлива: Вариант I -суспензия: 30.74% уголь, 68% этанол. Вариант II -суспензия: 65.32% уголь, 32% Этанол, Вариант III: уголь nano-структурированный (100%) без этанола. На рис.2. представлено сравнение весовой (J/kg) теплотворной способности различных видов топлива на мировом рынке с теплотворной способностью первого варианта топлива - суспензии, (которая у второго варианта выше).

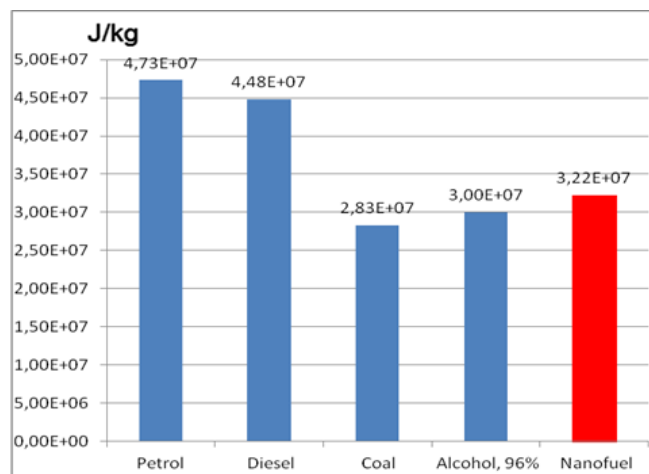


Рис.2 Сравнение весовой (J/kg) теплотворной способности различных видов топлива на мировом рынке, слева-направо: 1-бензин, 2-дизельное топливо, 3-уголь каменный, 4- этиловый спирт, 5- nano-структурированное топливо-суспензия

На рис.3 показано объемное и весовое соотношение составляющих наноструктурированного топлива, из которого наглядно

виден огромный энергетический вклад маленьких атомов водорода в теплотворную способность наноструктурированного топлива

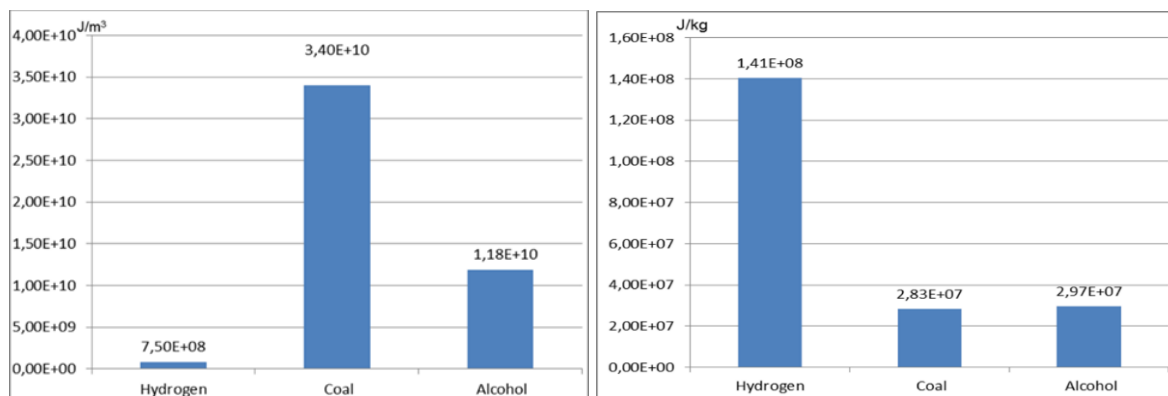


Рис.3. Диаграммы объемной (J/м³, слева) и весовой (J/kg, справа) теплотворной способности компонентов наноструктурированного топлива: водорода (Hydrogen), угля (Coil), этилена (Alcohol)

Сравнение расчетных цен наноструктурированного топлива [7] с ценами на дизельное и водоугольное топливо[3], представленное в таблице 1 показывает, что цена топлива с увеличенным содержанием наводороженного угля (3я строка) в 2-3 раза

меньше стоимости дизельного топлива и приближается к низкой стоимости водоугольного топлива, хотя по теплотворной способности значительно превосходит последнее, приближаясь к дизельному топливу.

Таблица 1

Параметры топлива	Цена, руб. /Gkal	Цена, Euro/Gkal
Дизельное топливо Rental+	2433,01	609
nano structured fuel 30.74% coil, 68% ethanol Patent of RF № 244461	1503,08	351
nano structured fuel 65.32% coil, 32% ethanol Patent of RF № 244461	850,71	163
Dry nano structured fuel (уголь)	140	35
water coil fuel ( patent RF № 2178455 )	644,85	161

Наглядное представление о процессе обогащения угольной частицы запатентованного [7] авторами топлива водородом дает метод ВИМС – анализа (Вторичной Ионной Масс Спектрометрии), позволяющий оценивать распределение концентрации атомов анализируемых газов (у нас

изотопов водорода) на глубине до 10 мкм с точностью до .001% . Так на рис. 4 и 5 представлены: вид образца угля ,и результаты трения этого образца, полученные методом ВИМС-анализа на нано-масштабном уровне.

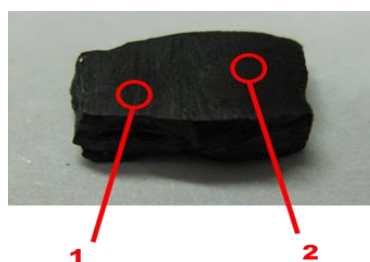


Рис.4 Вид образца угля, после 30 секунд трения о наждачную бумагу . Цифрами обозначены: 1- зона подвергнутая трению, 2- базовая зона(без трения)

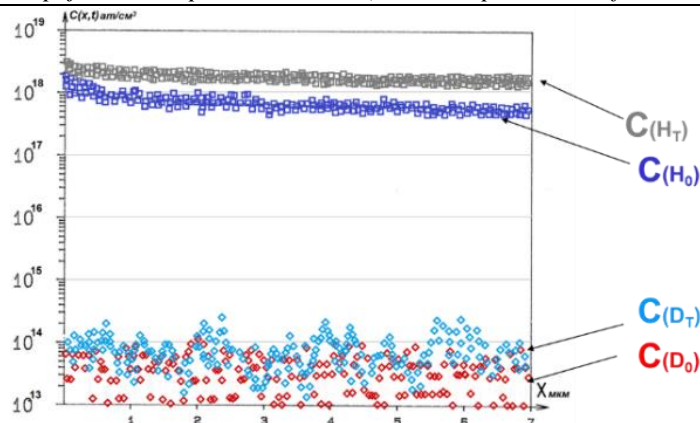


Рис.5 Результаты проникновения изотопов водорода (Против  $H_2$  и Дейтерия  $D_2$ ) в образец угля на глубину 7 нм после 30 секунд трения (нижние диаграммы –до, верхние-после трения)

Описанный выше простейший эксперимент с куском угля выполненный авторами в лаборатории ВИМС –анализа показал, что любое контактное взаимодействие угледобывающего инструмента с углем приводит к «наводороживанию» как инструмента так и добываемого (измельчаемого) угля. Водород, попадающий при трении в инструмент вызывает его охрупчивание,

называемое «водородной болезнью» металла [8], тогда как водород проникающий в уголь увеличивает его теплотворную способность, что наглядно показано в таблице 2 где теплотворная способность наноструктурированного угля на 20% процентов превышает теплотворную способность кусочков угля в топливе «Эковут», согласно патенту [4]

Таблица 2

Параметр	Топливо			
	Дизельное топливо	Бензин	Уголь измельчённый	Уголь наноструктурированный
Плотность при 20°C, kg/m <sup>3</sup>	833,2	938	863	700
Теплотворная способность (наименьшая), kJ/kg	44000	47000	<b>28000</b> - «эковут»	<b>32000</b>

Физика увеличения теплотворной способности угля при его измельчении известна физикам давно и идея военного использования этого эффекта была реализована гитлеровской Германией в 1943г. в «вакуумной бомбе», основу которой составляла угольная пыль, насыщенная водородом с добавкой тротила. Основой «вакуумного взрыва» является мгновенное чередование ударной взрывной волны, возникающей от скачка давления при окислении взрывчатого вещества (тротила, как в обычной бомбе) чередуемой с резким падением окружающего давления из-за мгновенного уменьшения концентрации молекул газа, происходящего одновременно с окислением основного взрывчатого вещества, которым являлся водород, растворенный в угольной пыли.. Взрывная (ударная) сила вакуумного взрыва немного слабее силы взрыва традиционной

взрывчатки но при этом «вакуумный взрыв» способен мгновенно поражать биологические объекты в объёмах, атмосферно связанных с местом взрыва: -в траншеях, окопах, блиндажах, и, естественно, в шахтных выработках и, отдельно, в забоях, где слоями лежит угольная пыль, образовавшаяся при добыче угля. Известно, что угольная пыль многослойно скапливается на тепловых электростанциях, при сухом измельчении угля до подачи его на форсунки котлов. Собранная угольная пыль, наводороживается в металлических мельницах, что приводит к необъяснимым авариям со взрывами на ТЭЦ [10]. Для сжигания наводороженной угольной пыли требуется своя режимная карта и, прежде всего, требуется аккуратное удаление этой «вакуумной взрывчатки» из забоев шахт, и из угольных отвалов на ТЭЦ (см. рис.б), с целью её эффективной реализации.



Рис.6 Уборка угольной пыли, пылесосом, на тепловых электростанциях.

Рассмотрим плюсы и минусы явления «вакуумного взрыва» угольной пыли. **Минус**-очевиден, т.к. угольная наводороженная пыль это «вакуумная взрывчатка», которой надо опасаться, **Плюс**- это большое количество лежащего под ногами (в прямом смысле) эффективного уже обогащенного водородом топлива, которое легко можно утилизировать, резко повышая эффективность угледобычи.

Вернемся к физике наводороживания угля при добыче и рассчитаем технические параметры «вакуумного взрыва» 1 Кило моля водорода. Для этого рассчитаем энергию затрачиваемую при окислении 1моля водорода 1м молям кислорода:  $E(H+O)=435$  кдж/моль, к которой добавим энергию вторичной связи водорода с гидроксильной группой воды:  $+E(H+OH)= 495$  кдж/моль и получим суммарную накопленную для взрыва энергию:  $E(435+495) =930$  кдж/моль. При взрыве водорода происходит изменение суммарной молекулярной концентрации газов находящихся в месте взрыва:  $2 *H_2 + O_2 = H_2O$ , т.е. из 3х исходных молекул : (2 водорода + 1 кислорода) получается одна молекула воды. Мы видим, что исходное число молекул смеси ( водород + кислород) в её исходной молекулярной концентрации **n** сокращается более чем на 30% . Учитывая, что молекулы кислорода составляют около 23% молекул воздуха, то уменьшение суммарной молекулярной концентрации в месте взрыва составит около 8% . Учебник по вакуумной технике [9] даёт нам определение давления **P** как :

$$P = n \times k \times T \quad (6)$$

Где: **k** –постоянная Больцмана, **T**-температура, **n**- молекулярная концентрация

Мы видим, что. Давление в месте взрыва , пропорциональное молекулярной концентрации **n** мгновенно падает на величину  $-P = -60$  торр., но согласно той же формуле (6) давление газа должно увеличиться за счет увеличения температуры газа на величину  $+T = 2/3 * (+E)$  :

$$+ P = n \times k \times (+T) = 40 \text{ торр} \quad (7)$$

что за счёт указанных выше добавленных при взрыве 930 кдж/моль, составляет для нашего случая ударную волну давления величиной  $-P + P = 100$  торр , безопасную с точки зрения разрушения окружающих построек. Более опасным с медицинской точки зрения является мгновенно возникающий вакуум  $-60$  торр с летальными последствиями.

#### Выводы

1. Показано, что атомарный водород, являющийся попутным видом топлива при добыче каменного угля появляется в виде раствора атомов водорода в частицах угольной пыли, являющейся продуктом воздействия рабочего органа комбайна или струговой установки на добываемый уголь.

2. Мелкая угольная пыль, появляющаяся во время добычи угля и оседающая на стены и пол выработок шахт и, отдельно, забоев представляет собой «вакуумную взрывчатку», которая представляет собой опасность, с другой стороны она является топливом, уже, обогащенным водородом которое надо научиться утилизировать для получения дополнительной прибыли при угледобыче и на мельницах ТЭЦ.

3. Показано, что разработанное авторами наноструктурированное топливо в 2-3 раза дешевле дизельного топлива и приближается к низкой стоимости водоугольного топлива, хотя по теплотворной способности значительно превосходит последнее, приближаясь к дизельному топливу.

#### Литература

[1]. Васючков Ю.Ф. Добыча угольного метана для получения газового топлива Уголь12-2018 стр.77-78. [2]. Coalbed Methane Extraction: Detailed Study Report/2010 EPA-820-R10-022.URL:<http://large.stanford.edu/> [ 3]. Патент РФ № 2178455 ., С10L 1/32 от 20.01.2002 г Водно-угольное топливо «Эковут» на основе каменно-угольных частиц от 3мкм. [4]. Водно-угольное топливо Патент

Великобритании N 2047267, кл. С 01 L 1/02, 1979 г.)

[5]. Патент РФ № 2249029 . C10L .B01F 7/12, 7/28 1/32 от 27.03.2005 Водо-угольное топливо на основе каменно-угольных частиц 1-10 мм [6]. Деулин. Е.А. Физика Вакуумной Механики. - М. Горячая линия -Телеком» 2018. 282с. [7 ]. Патент РФ.№ 2 444 561 C1 Способ получения наноструктурированного топлива от 10.03.2012

[8]. Гельд П.В., Рябов Р.А. Водород в металлах и сплавах,- М.: Металлургия, 1974.

[9]. Розанов Д.Н. Вакуумная техника, ;, Учебник для вузов –М.- Высш. шк. 1980.-320с

[10]. Данилов А.П. Энергия вакуума, относительно теории поглощения энергии // Уголь. 2016. № 2. С. 93-95. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/022016.pdf> (дата обращения: 15.01.2019).

#### Literature

[1]. Vasyuchkov Y. F. Extraction of coal methane to obtain a gas fuel Уголь12-2018 page 77-78. [2]. Coalbed Methane Extraction: Detailed Study

Report/2010 EPA-820-R10-022.URL: [http // / large.stanford.edu /](http://large.stanford.edu/) [ 3]. Patent RF № 2 178455 ., C10L 1/32 from 20.01.2002 g Hydrocarbon fuel "ECOWOOT" on the basis of stone-coal particles from 3 µm. [4]. Hydrocarbon fuel UK Patent N 2047267, class C 01 L 1/02, 1979.)

[5].Patent RF № 2249029 . C10L .B01F 7/12, 7/28 1/32 from 27.03.2005 Hydrocarbon fuel on the basis of stone-coal particles 1-10 mm [6]. Deulin.E. A. Physics Of Vacuum Mechanics. - М. Hotline-Telecom " 2018. 282s. [7]. The patent of the Russian Federation. No. 2 444 561 C1 a Method of producing nanostructured fuel 10.03.2012

[8]. Geld P. V., Ryabov R. A. Hydrogen in metals and alloys, М.: metallurgy, 1974.

[9]. Rozanov D. N. Vacuum technology: Textbook for universities –М - Higher. SHK. 1980.-320S .

[10]. Danilov A. P. Energy of vacuum, with respect to the theory of energy absorption // Coal. 2016. No. 2. P. 93-95. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/022016.pdf> (date accessed: 15.01.2019).

*Ж.В.Еремеева<sup>1</sup>, Р.А.Скориков<sup>2</sup>, В.Ю.Лопатин<sup>1</sup>,  
Н.Д. Нгуен<sup>1</sup>, А.И. Кондралова,<sup>2</sup> Н.М. Ниткин<sup>3</sup>  
НИТУ МИСис, ПАО КБ-Туполев, Московский политех*

УДК 621.762

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОМОДИФИКАТОРОВ И ВИДА СМЕШИВАНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И УПЛОТНЯЕМОСТЬ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

В настоящее время порошковые материалы применяются практически во всех известных отраслях науки и техники, без них не может обойтись автомобильная промышленность и металлообработка, медицина и ядерные исследования. Это широкая гамма конструкционных и инструментальных материалов, материалов специального назначения, которые обладают высокой жаростойкостью, износостойкостью, стойкостью в агрессивных средах. Благодаря хорошей формуемости порошка, конфигурация получаемых из него изделий может быть максимально приближена к конфигурации готовой детали, что сводит к минимуму обработку резанием, что в итоге приводит к снижению затрат труда и материалов на изготовление деталей. Производство порошковых изделий отличается незначительным количеством технологических операций и легко поддается автоматизации. Порошковая металлургия особенно эффективна при больших масштабах производства различного типа конструкционных деталей (шестерни, втулки, крышки и многих других).

Кроме того, немаловажными преимуществами порошковой металлургии являются ее экологическая чистота и повышение производительности труда, что, несомненно, перспективнее традиционных технологий, где имеются значительные отходы, а также загрязняется вода, атмосфера и окружающая среда.

Быстрое развитие порошковой металлургии и непрерывно расширяющаяся номенклатура материалов и изделий, получаемых с ее использованием, стимулируют изучение их строения и свойств, во многом отличающихся от соответствующих характеристик даже аналогичных по составу литых металлов и сплавов. Это отличие объясняется особенностями химического состава и строения исходных порошков, а также специфических способов их обработки.

Основным порошковым материалом общемашиностроительного назначения является порошковая сталь, преимущественно получаемая из порошков железа и углерода. Отличительная черта таких материалов – наличие неравенства концентраций компонентов в различных точках порошкового тела, которое может иметь место либо только в исходном состоянии и на промежуточных этапах, либо сохраняться до конца спекания. Применение этих материалов для изготовления широкой номенклатуры деталей для различных отраслей машиностроения ограничено вследствие трудностей обеспечения высоких и стабильных механических свойств.

#### Характеристики используемых материалов

Исследуемые железоуглеродистые материалы изготавливали из порошков на основе железа отечественного производства ПЖРВ 2.200.28 , полученного на ПАО Севресталь.