

УДК 539.1

## ВАКУУМНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ НАНОСТРУКТУР ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОТОПАМИ ВОДОРОДА

Роман Олегович Емельяненко

*Студент 5 курса*

*кафедра «Электронные технологии в машиностроении»,*

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Е.А. Деулин,*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении»,*

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

Работа посвящена расчету энергетической эффективности обогащения наноструктур широкого применения изотопами водорода. И обоснованию экономической целесообразности данного метода на базе вакуумной автоматической линии для обогащения наноструктур широкого применения изотопами водорода.

Обогащение наноструктур широкого применения водородом происходит путем механического измельчения (истирания) исходных элементов сырья органического происхождения до получения наноразмера в 100 нм (характеризующего радиус описанной окружности наночастицы в соответствии с ГОСТ Р 8.698-2010) и их последующего смешивания с жидкостью-носителем до образования гомогенной смеси.[1]

Рассмотрим каменный уголь в качестве сырья и этиловый спирт в качестве жидкости носителя, уже используемый, как топливо в чистом виде [2].

### **Расчет энергетической эффективности:**

Количество атомов углерода С в 1 кг угля определяется по формуле:

$$N_C = \frac{1}{m_{\text{атом С}}} = \frac{1 \text{ кг}}{1.993 \cdot 10^{-26} \text{ кг}} = 5.017 \cdot 10^{25} \text{ атомов}$$

где:  $m_{\text{атом С}} = 1.993 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$  - масса одного атома С [3]

Суммарную массу атомов водорода, проникших в уголь при наводораживании мы можем рассчитать, зная суммарное количество атомов водорода, проникших в уголь при его истирании, по формуле:

$$\Delta m = N_H \cdot m_H = 2.508 \cdot 10^{25} \cdot 1.674 \cdot 10^{-27} = 0.041 \text{ кг} = 41 \text{ г}$$

где:  $m_{\text{атом Н}} = 1.674 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$  [3] - масса одного атома Н.

$N_H = 2.508 \cdot 10^{25} \text{ атомов}$  - суммарное количество атомов водорода, проникших в уголь при его истирании, которое рассчитывается на основании известных нам законов распределения концентрации атомов Н после трения [1].

Зная суммарную массу проникших в полученные частицы угля атомов водорода, можно определить массу угля, после его истирания, т. е. массу обогащенных наноструктурированных частиц, по формуле:

$$M_{T(\text{сухое нанотопливо})} = m + \Delta m = 1 \text{ кг} + 0.041 \text{ кг} = 1.041 \text{ кг}$$

Расчет удельной теплотворной способности полученного путём истирания сухого нанотоплива, подставив найденные выше и табличные значения, можно произвести по формуле:

$$A_{T(\text{сухое нанотопливо})} = \frac{A_C \cdot m + A_H \cdot \Delta m}{M_{T(\text{сухое нанотопливо})}} = \frac{29.3 \cdot 10^6 \cdot 1 + 140.9 \cdot 10^6 \cdot 0.041}{1.041} = 33.69 \cdot 10^6 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$$

где  $A_C = 29.3 \cdot 10^6 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$  - удельная теплотворность каменного угля [3],

$A_H = 140.9 \cdot 10^6 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$  - удельная теплотворность водорода [3].

Таким образом, удельная теплотворность полученного продукта- угля повышена от исходного значения  $29.3 \cdot 10^6 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$  до  $33.69 \cdot 10^6 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ , т. е. **на 13.05%**, что свидетельствует об энергетической эффективности нанотоплива.

Получение жидкого наноструктурированного топлива требует приготовления суспензии, на основе этилового спирта, имеющей следующие пропорции:

$$\frac{M_{T(\text{сухое нанотопливо})}}{m_{C_2H_5OH}} = \frac{32\%}{68\%}, \Rightarrow m_{C_2H_5OH} = 2.212 \text{ кг}$$

Расчет удельной теплотворной способности, полученной суспензии (жидкого нанотоплива), следует производить по формуле:

$$A_{T(\text{жидкое нанотопливо})} = \frac{A_{T(\text{сухое нанотопливо})} \cdot M_{T(\text{сухое нанотопливо})} + A_{C_2H_5OH} \cdot m_{C_2H_5OH}}{M_{T(\text{сухое нанотопливо})} + m_{C_2H_5OH}} = \frac{33.69 \cdot 10^6 \cdot 1.041 + 30 \cdot 10^6 \cdot 2.212}{1.041 + 2.212} =$$

$$31.18 \cdot 10^6 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$$

где  $A_{C_2H_5OH} = 30 \cdot 10^6 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$  - удельная теплотворность этилового спирта [3].

Теплотворная способность жидкого наноструктурированного больше теплотворной способности этилового спирта на **3.8%**.

Приведённый расчёт показывает, что теплотворная способность жидкого наноструктурированного больше теплотворной способности этилового спирта на **3.8%**.

#### Обоснование экономической целесообразности:

Для обоснования экономической целесообразности необходимо рассчитать себестоимость обогащенных наноструктур и сравнить себестоимости исходных структур и обогащенных. Если повышение себестоимости не будет превышать повышение энергетической эффективности, то можно будет сделать вывод о целесообразности метода обогащения наноструктур изотопами водорода.

Получение и обогащение наноструктур будем производить с помощью шаровой мельницы МШ-1, (рис. 1.). В табл. 1 приведены технические характеристики данной мельницы.



Рис. 1. Мельница шаровая непрерывного действия МШ-1

Табл. 1. Характеристики мельницы шаровой МШ-1

Внутренний диаметр барабана, мм	700
Длина барабана, мм	550
Скорость вращения барабана, об./мин	41
Размер исходной фракции для размола, мм	до 20
Номинальная производительность, кг/час	250
Установленная мощность, кВт	5.5
Масса, кг	1700
Габаритные размеры, мм	2600x1300x1320
С площадкой обслуживания, мм	2660x2490x2095
Масса, кг	2300
в том числе: шаровая загрузка	180
Ресурс, лет	5
Стоимость, руб.	121 800

Сырьем выбран каменный уголь марки ДОМ, конечный продукт будет получен в виде угольных наноструктур, которые будут обогащены изотопами водорода.

Затраты на электроэнергию рассчитываются, учитывая мощность, которая потребляется установкой в час, и стоимость кВт/час по городскому тарифу в г. Москва.

Заработная плата оператора технологического процесса, рассчитывается по формуле:

$$P \geq 1.5 \cdot \text{Пр}_{\min},$$

где  $\text{Пр}_{\min}$  – прожиточный минимум (9 188 руб. за III квартал 2011 года)

Амортизация установки рассчитывается исходя из стоимости установки и ресурса её работы.

Так как производительность установки составляет 250 кг/час, то затраты (себестоимость  $S$ ) на изготовление 250 кг обогащенных наноструктурированных частиц за час составят:

1. Эл. энергия ( $E$ ) – 5.5 кВт./час. \* 4 руб./кВт = 22 руб./час.
2. Сырьё ( $R$ ) – каменный уголь марки ДОМ 3514 руб./т, или 878.5 руб./час.
3. Зарплата ( $P$ ) – 1 оператора на установке 15 т. р./мес., или 93.75 руб./час.
4. Амортизация установки «Шаровая мельница» ( $D$ ) (ресурс 5 лет работы) - 121 800руб./43 800час = 2.78 руб./час

$$S = E + R + P + D = 22 + 878.5 + 93.75 + 2.78 = 997.03 \text{ руб./час}$$

Теперь найдем себестоимость 1 кг обогащенных наноструктурированных частиц:

$$Cб_{\cdot \text{НАНО}} = \frac{S}{250} = \frac{997.03}{250} = 3.98 \text{ руб./кг}$$

Чтобы сравнить себестоимости исходных структур и обогащенных, нужно себестоимость 1 кг каменного угля ( $Cб_{\cdot \text{УГЛЯ}} = 3.51 \text{ руб./кг}$ ) соотнести с себестоимостью наноструктур:

$$\omega = \frac{(Cб_{\cdot \text{НАНО}} - Cб_{\cdot \text{УГЛЯ}})}{Cб_{\cdot \text{УГЛЯ}}} \cdot 100\% = \frac{(3.98 - 3.51)}{3.51} \cdot 100\% = 13\%$$

Так как повышение теплотворной способности топлива происходит не менее, чем на  $\eta = 13.05\%$ , а повышение себестоимости не превышает  $\omega = 13\%$ , то можно говорить об эффективности данного метода обогащения наноструктур изотопами водорода.

### **Выводы:**

Проведённые расчёты показывают, что при реализации технологии получения наноструктурированного топлива реализуются следующие параметры:

- Теплотворная способность угля при структурировании повышается на **13.05%**.
- Теплотворная способность получаемого на промежуточном этапе сухого наноструктурированного топлива больше теплотворной способности этилового спирта на **10%**.
- Теплотворная способность получаемого на последней технологической стадии жидкого наноструктурированного топлива больше теплотворной способности этилового спирта на **3.8%**.
- Повышение себестоимости не превышает  $\omega = 13\%$ , то можно говорить об эффективности данного метода обогащения наноструктур изотопами водорода.

### **Литература**

1. *Деулин Е. А.* Заявка на патент РФ №2010 137 824 от 13.09.2010 Способ получения наноструктурированного топлива.
2. *Wilfreid J. Bartz-Ostfildern.* Алкилированные нафталины как синтетическое топливо, с. 238-239.
3. *А. М. Прохоров.* Физическая энциклопедия. Большая Российская энциклопедия, 1998. —60-120 с.