

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Визначення коефіцієнту відбиття від відкритої апертури біконічної антени та регулярного TEM рупору симетричного типу в частотному та часовому представленні шляхом імітаційного моделювання / А. І. Коробко, З. І. Коробко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 36 (1208). – С. 42-46. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0740.

Определение коэффициента отражения от открытой апертуры биконической антенны и регулярного TEM рупора симметричного типа в частотном и временном представлении методом имитационного моделирования/ А.И. Коробко, З.И. Коробко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 36 (1208). – С. 42-46. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0740.

Determination of the coefficient of reflection from the open aperture biconical antenna and regular TEM horn symmetrical type in the frequency and time representation by simulation method / A. I. Korobko, Z. I. Korobko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technique and electrophysics of high voltage. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016. – № 36 (1208). – С. 42-46. – Bibliogr.: 8. – ISSN 2079-0740.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Коробко Анатолій Іванович – кандидат технічних наук, завідувач відділу Науково-дослідного і проектно-конструкторського інституту «Молнія», Національний технічний університет «ХПІ», тел.: (057) 707-62-36; e-mail: ant_korobko@ukr.net

Коробко Анатолій Іванович – кандидат технических наук, заведующий отделом Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института «Молния», Национальный технический университет «ХПИ», тел.: (057) 707-62-36; e-mail: ant_korobko@uke.net

Korobko Anatoliy Ivanovich – Philosophy Doctor, Head of Department of Research and Design Institute «Molnyia», National Technical University «KhPI», phone: (057) 707-62-36; e-mail: ant_korobko@ukr.net

Коробко Зінаїда Іванівна – науковий співробітник Науково-дослідного і проектно-конструкторського інституту «Молнія», Національний технічний університет «ХПІ», тел.: (057) 707-62-36; e-mail: ant_korobko@ukr.net

Коробко Зинаида Ивановна – научный сотрудник Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института «Молния», Национальный технический университет «ХПИ», тел.: (057)707-62-36; e-mail: ant_korobko@ukr.net

Korobko Zinaida Ivanovna – Researcher of Research and Design Institute «Molnyia», National Technical University «KhPI», phone: (057) 707-62-36; e-mail: ant_korobko@ukr.net

УДК 537.52

Н. И. КУСКОВА, С. В. ПЕТРИЧЕНКО, П. Л. ЦОЛИН, В. Ю. БАКЛАРЬ**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ВВОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ВЫХОД УГЛЕРОДНЫХ НАНОПОРОШКОВ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ**

Представлені експериментальні залежності виходу вуглецевого нанопорошку, отриманого шляхом одночасної електророзрядної обробки органічної рідини і супутніх газів, які при цьому виділяються, а також витрати рідини від енергії одиначного розрядного імпульсу в умовах постійності сумарної введеної в міжелектродний проміжок енергії. Для запропонованого способу комбінування початкових умов здійснення розряду показано існування екстремуму залежності виходу з рідини від енергії одиначного розряду і протилежний характер аналогічної залежності виходу з газів. При цьому, насичення на кривій витрати рідини зі збільшенням енергії розряду свідчить про збільшення вмісту вуглецю в супутніх газах.

Ключові слова: синтез вуглецевих наноматеріалів, вихід вуглецевого нанопорошка, електророзрядна обробка вуглеводню, енергетичні режими електророзрядної обробки, витрата вуглеводневої рідини.

Представлены экспериментальные зависимости выхода углеродного нанопорошка, полученного путем одновременной электроразрядной обработки органической жидкости и сопутствующих газов, которые при этом выделяются, а также расхода жидкости от энергии единичного разрядного импульса в условиях постоянства суммарной введенной в межэлектродный промежуток энергии. Для предложенного способа комбинирования начальных условий осуществления разряда показано существование экстремума зависимости выхода из жидкости от энергии единичного разряда и противоположный характер аналогичной зависимости выхода из газов. При этом, насыщение на кривой расхода жидкости с увеличением энергии разряда свидетельствует об увеличении содержания углерода в сопутствующих газах.

Ключевые слова: синтез углеродных наноматериалов, выход углеродного нанопорошка, электроразрядная обработка углеводорода, энергетические режимы электроразрядной обработки, расход углеводородной жидкости.

Experimental dependencies of carbon nanopowder yield obtained by simultaneous electrical discharge treatment of the organic liquid and following gases created during the process, and liquid's consumption rate on single discharge pulse's energy in conditions of constancy of total energy inputted into the interelectrode gap were presented. The existence of extremum for dependence of liquid's yield on single discharge's energy as well as opposite nature of analogous dependence of gazes' yield were shown for the proposed method of combination of initial conditions for discharge realization. Thus, saturation on the liquid's consumption rate curve which

occurs with discharge's energy increase shows the rise in the carbon content in following gazes.

Keywords: Synthesis of carbon nanomaterials, the yield of carbon nanopowder, electrodischarge treatment of hydrocarbon, power modes of electrodischarge treatment, consumption of hydrocarbon liquid.

Введение. Основным способом развития любой промышленности является использование материалов, обладающих улучшенными и новыми свойствами. В этом отношении наиболее перспективны углеродные наноматериалы (УНМ).

Термическая и химическая стабильность, высокая прочность, микротвердость и развитая удельная поверхность, уникальные электромагнитные и триботехнические свойства углеродных наноматериалов, а также качественно новые совокупные свойства материалов и покрытий, получаемых на их основе, указывают на перспективность применения УНМ как в виде порошков или покрытий, так и в виде модификаторов для широкого спектра задач из технической, научной, медицинской и многих других областей деятельности [1-4].

Отсутствие широкомасштабного производства УНМ в Украине объясняется высокой стоимостью существующего технологического оборудования, включая лицензирование прав интеллектуальной собственности. Это ограничивает применение УНМ в промышленности и сдерживает экономический эффект от его использования. Поэтому проблема разработки новых, высокопроизводительных и энергоэффективных, а также развитие существующих методов синтеза УНМ является актуальной. С ее решением связана возможность создания технологии и оборудования, позволяющего осуществлять производство УНМ в промышленных масштабах.

К методам синтеза УНМ можно предъявить следующие основные требования:

- по качественному составу порошковых смесей УНМ и потенциальной производительности оборудования;
- по удельным энергозатратам и расходу сырья;
- по возможности регулирования фазового и/или компонентного состава порошковых смесей УНМ;
- по степени сложности практической реализации в технологическом оборудовании;
- по экологическим показателям.

Таким требованиям в той или иной степени удовлетворяет метод электроразрядной обработки (ЭРО), основанный на синтезе углеродных наноструктур из углеродсодержащей плазмы, образующейся в результате разложения органических соединений. При электроразрядном воздействии на органические среды структурное и фазовое состояние УНМ во многом будут определяться динамикой плазмохимических и термодинамических процессов, протекающих в ходе их синтеза. Это предопределяет возможность регулирования состава порошкового продукта путем изменения режимов (в том числе динамических) ввода электрической энергии в канал разряда. Ранее установлено, что электроразрядная обработка органических жидкостей, как метод, позволяет получать УНМ различного вида и состава [5] в достаточных количествах.

Метод ЭРО прост в реализации [6], однако его развитие требует определения режимов ввода электрической энергии, обеспечивающих максимальную

степень переработки углеводородного сырья при минимальных энергозатратах.

Целью данной работы является изучение зависимости выхода УНМ из органической жидкости и сопутствующих газов в процессе их одновременной ЭРО от энергии единичного разрядного импульса (в жидкости) при фиксированных энергозатратах.

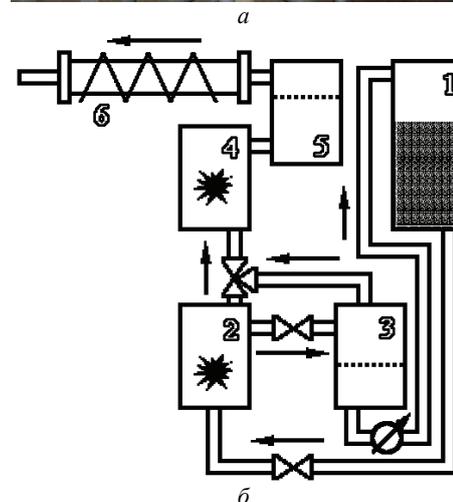


Рисунок 1 – Экспериментальная установка непрерывной трехстадийной переработки углеводородов:
 а – внешний вид экспериментальной установки;
 б – принципиальная схема переработки углеводородов

Методика эксперимента. Эксперименты проводили в режиме непрерывной электроразрядной обработки. Органическая жидкость поступала из емкости (рис. 1, б, поз. 1) в разрядную камеру (рис. 1, б, поз. 2), где осуществлялся электрических разряд с фиксированной частотой следования импульсов. Образовавшаяся в камере газовая смесь (сопутствующий газ) отводилась в следующую камеру (рис. 1, б, поз. 4), где, в свою очередь с той же частотой осуществлялся электрический разряд в газе. На фильтрах (рис. 1, б, поз. 3 и 5) отбирался образовавшийся в обеих камерах

углеродный нанопорошок. Далее, обедненная газовая смесь поступала в реактор для пиролиза (рис. 1, б, поз. 6) [7].

Обработку смеси газов проводили для всех режимов постоянно при неизменных условиях (в том числе – энергии единичного разрядного импульса).

Далее по тексту все вариации энергии единичного разрядного импульса относятся к обработке жидкости.

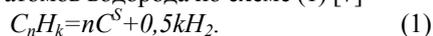
Энергию единичного разряда W_0 , накопленную в конденсаторе, варьировали в диапазоне от 10 до 110 Дж, что обеспечивалось изменением зарядного напряжения и емкости конденсаторной батареи в диапазоне от 15 до 35 кВ и от 0,05 до 0,25 мкФ, соответственно. Выбор диапазона значений энергии определяли условиями по производительности синтеза, необходимостью уменьшения загрязнения получаемого порошка, (побочными) нежелательными продуктами эрозии электродов и наличием доступного запаса прочности используемых разрядных камер во время единичного разряда.

Таким образом, для одинаковых значений суммарной энергии, введенной в межэлектродный промежуток, каждый из исследованных режимов отличается собственным дозированием энергии. Суммарную введенную энергию ЭРО сырья для всех экспериментов установили на уровне 1,35 МДж. Данное значение является достаточным для получения необходимого количества порошка, позволяющего достоверно определять весовые характеристики, химический состав и анализировать вид синтезированных наноструктур [6].

Для поддержания постоянного характера разряда при изменении параметров энергоузла (в первую очередь, зарядного напряжения), изменяли ширину зазора – кольцевого межэлектродного промежутка между дисковым анодом и стенкой цилиндрической разрядной камеры. Для каждого из исследованных режимов ширину зазора определяли максимальным значением, при котором наблюдается стабильное формирование разряда при заданных параметрах энергоузла в данной жидкости. На практике таким условиям отвечает диапазон от 2 до 6 мм.

В качестве сырья использовали насыщенный углеводород – циклогексан – наиболее перспективную органическую жидкость, с точки зрения практического выхода УНМ после ЭРО (результаты сравнения выхода для различных органических жидкостей представлены в работе [8]).

Обсуждение результатов. При действии электро-разрядных импульсов на углеводороды или в процессе пиролиза углеводородов происходят деструкция молекул и отщепление атомов водорода по схеме (1) [7]



При этом углерод может выделяться в твердой фазе S в разных аллотропных формах.

Для теоретического расчета максимальной массы нанотуглерода $m_{теор}$, которая может быть получена в результате плазмохимических реакций по схеме (1) вследствие электроразрядной обработки жидкого сырья массой m_c , рассчитывали молярные массы сырья $M_c = 12n + k$ и продукта $M_{np} = 12n$. Тогда

$$m_{теор} = m_c M_{np} / M_c = m_c \cdot 12n / (12n + k). \quad (2)$$

Практический выход нанотуглерода $\gamma = \gamma^1 + \gamma^2$ рассчитывали, определяя экспериментально массу m_{np}^1 и выход γ^1 нанотуглерода, полученного в результате полной электроразрядной обработки органической жидкости, а также массу m_{np}^2 и выход γ^2 нанотуглерода, получаемого электроразрядной обработкой и пиролизом смеси газов. Если углерод выделен со всей массы сырья без остатка, то практический выход определяется выражением

$$\gamma^{1,2} = m_{np}^{1,2} / m_{теор} = (1 + k/12n) (m_{np}^{1,2} / m_c), \quad (3)$$

которое и использовано в данной работе для расчета.

Показано, что варьирование энергии в импульсе в указанном диапазоне приводит к изменению пропорций между выходом твердой фракции (порошковой смеси, содержащей алмазоподобные и графитоподобные наноматериалы, луковичные структуры углерода, например, рис. 2) в разрядной камере (рис. 1, б, поз. 2) и количеством вещества, которое вследствие плазмохимических реакций переходит в парогазовую фазу. Анализ зависимости выхода твердой фракции от энергии в импульсе при электроразрядной обработке циклогексана показал, что она имеет экстремальный характер (рис. 3, кривая 1).

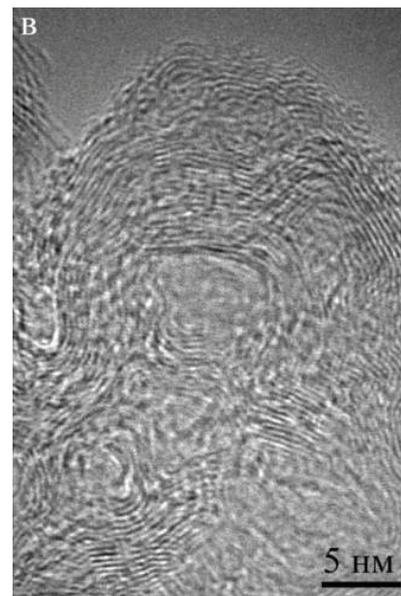


Рисунок 2 – Луковичные структуры нанотуглерода, которые образуются при электроразрядной обработке циклогексана

С увеличением энергии в импульсе до определенных величин практический выход нанотуглерода увеличивается. Дальнейшее увеличение запасенной энергии для единичного импульса приводит к уменьшению величины $\gamma_{о.е.}^1$.

Зависимость выхода продуктов переработки смесей углеводородных газов, которая осуществляется в камере (рис. 1, б, поз. 4) и реакторе для пиролиза (рис. 1, б, поз. 6) при постоянных условиях электроразрядного и пиролитического воздействия, начиная с 25 Дж энергии единичного разряда (в жидкости), имеет противоположный (по отношению к зависимости выхода углеводородных материалов из жидкости) характер (рис. 3 кривая 2). Очевидно, это объясняется соответ-

ствующим изменением удельного объема газообразования (по отношению к суммарной энергии обработки жидкости) и состава газовой смеси.

За пределами этого диапазона, в сторону уменьшения энергии единичного разряда в жидкости (от 25 Дж и менее), выход УНМ из газовой смеси снижается.

Продукты переработки смеси образующихся газов преимущественно состоят из одного вида УНМ: углеродные нанотрубки, нановолокна или углеродные пленки (рис. 4).

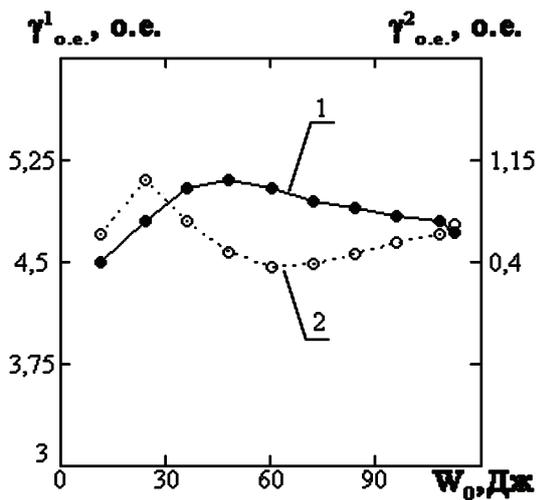


Рисунок 3 – Зависимость практического выхода углеродных наноструктур (в относительных единицах) от энергии в импульсе: 1 – ЭРО циклогексана; 2 – обработка отведенных газов (при постоянных условиях)

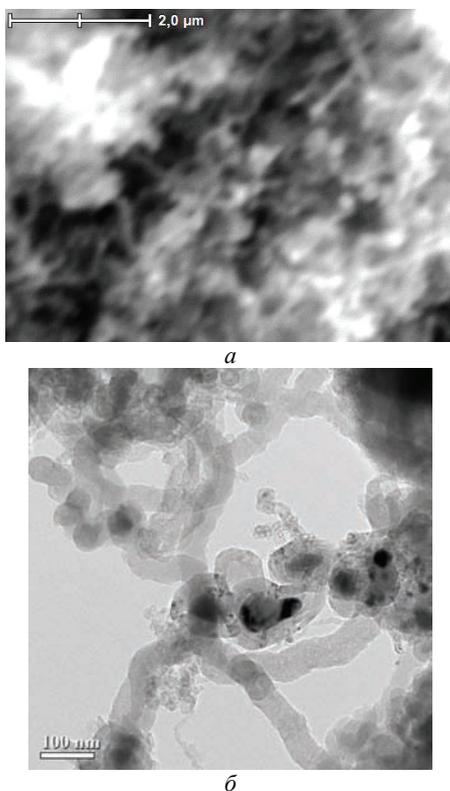


Рисунок 4 – Микрофотографии углеродных наноструктур, полученных при обработке газов: а – низкое разрешающая способность; б – высокая разрешающая способность

Общий вид масштабных фрагментов исследуемых образцов порошковых продуктов показан на рис. 5.

Важным является вопрос относительно зависимости фактических затрат сырья (циклогексан) от режимов энерговода в электроразрядном реакторе для обработки жидкости.

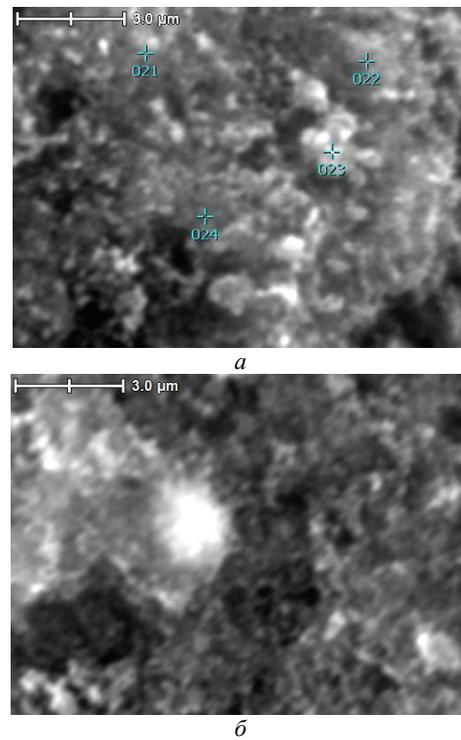


Рисунок 5 – Микрофотографии больших фрагментов электроразрядных образцов при различных энергиях в импульсе: а – $W_0 \approx 30$ Дж; б – $W_0 \approx 110$ Дж

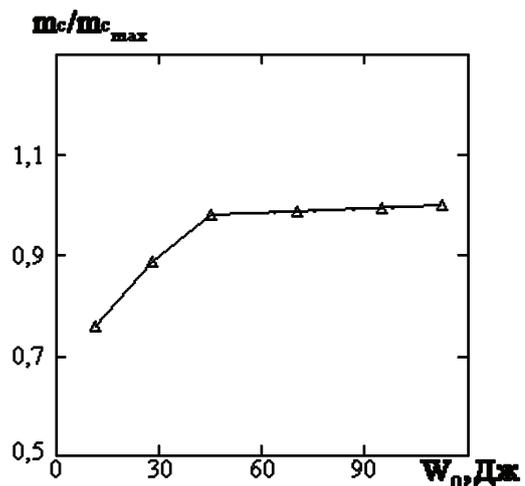


Рисунок 6 – Зависимость относительного расхода сырья от уровня дозирования энергии: m_c – масса затраченного углеводородного сырья, $m_{c_{\text{max}}}$ – нормировочный коэффициент, соответствующий максимальным затратам углеводородного сырья

На рис 6 показана кривая зависимости расхода жидкого сырья в исследованном диапазоне энергий единичного разряда W_0 от 10 до 110 Дж, при постоянном значении суммарной энергии (1,35 МДж), вве-

денной в межэлектродный промежуток. Увеличение выхода УНМ из жидкости (рис.3, кривая 1) с ростом W_0 от 10 до 60 Дж сопровождается увеличением расхода жидкости (рис. 6).

При $W_0 > 60$ Дж γ' уменьшается, а γ^2 увеличивается и одновременно наблюдается насыщение кривой расхода жидкости. Такая закономерность может свидетельствовать о том, что в газовых смесях увеличивается содержание углерода (в различных соединениях).

Варьирование ширины кольцевого зазора (межэлектродного промежутка в жидкости) от 2 до 6 мм ; $U_0=35$ кВ для двух значений емкости ($C = 0,1$ мкФ и $C = 0,25$ мкФ) приводит к изменению веса и выхода получаемого порошка (табл.1).

Показано, что в выбранном диапазоне присутствуют оптимальные значения ширины зазора, при которых вес порошка является максимальным. Эти же значения являются максимальной шириной зазора, при которой стабильно формируется разряд в данной жидкости (стабилизация частоты следования разрядных импульсов) при данном наборе параметров энергоузла.

Таблица 1 – Зависимость веса ЭРО порошка от ширины зазора

Энергия в импульсе, Дж	Число импульсов	Ширина зазора, мм	Вес порошка, г
61,25	5000	2	1,35
		4	5,45
		6	1,57
153,13*	2000	2	3,1
		4	4,63
		6	1,93

*Для определения влияния ширины зазора проводили отдельную серию экспериментов в более широком диапазоне энергий единичного разряда.

Таким образом, установлены условия повышения эффективности переработки сырья и возможность регулирования фазового состава продуктов электро-разрядного синтеза УНМ. Эффективность может определяться необходимостью получения того или иного вида УНМ, расходом сырья и электроэнергии. Ее увеличение относительно указанных потребностей можно осуществлять для данной жидкости путем выбора параметров энергоузла (например, по результатам для циклогексана на рис. 2) при условии поддержания необходимой ширины разрядного промежутка, а также баланса между объемной скоростью потока жидкости и частотой следования разрядных импульсов.

Для практического применения представленных выше результатов синтеза УНМ необходимо воспользоваться следующей схемой. Для данного разрядного промежутка находят минимальное значение зарядного напряжения для формирования стабильного разряда, а изменение энергии в импульсе обеспечивают изменением емкости конденсатора. Очевидно, что на механизмы синтеза УНМ существенно влияет динамика энерговода при единичном разряде и другие начальные условия (включая геометрию электродов).

Следует заметить, что все вышеизложенное справедливо для «коротких» разрядов, плазменный

канал которых, как правило, представляют моделью эллипса или короткого цилиндра.

Выводы. Показано, что в условиях постоянства суммарной энергии при одновременной электроразрядной обработки жидких углеводородов и сопутствующих газов, образующихся при этом, практический выход УНМ в зависимости от энергии единичного разрядного импульса в жидкости имеет экстремум. Увеличение энергии единичного разрядного импульса в жидкости (W_0) в условиях обеспечения минимально необходимого для стабильного разряда уровня зарядного напряжения при заданном межэлектродном промежутке, путем изменения емкости конденсатора, приводит:

– для значений энергии $25 < W_0 < 60$ Дж - к увеличению относительного расхода углеводородной жидкости и практического выхода УНМ из жидкости, с одновременным снижением выхода УНМ из сопутствующих газов;

– для значений энергии $W_0 > 60$ Дж – к насыщению кривой зависимости расхода жидкости, снижению практического выхода УНМ из жидкости с одновременным ростом выхода УНМ из сопутствующих газов.

Учитывая то, что порошки УНМ, полученные из углеводородной жидкости и сопутствующего газа, имеют различный компонентный состав, а также то, что зависимость суммарного выхода от W_0 носит экстремальный характер, представленные результаты могут быть использованы:

– для изменения состава порошков УНМ;
– для повышения энергоэффективности получения УНМ и снижения сырьевых затрат.

Список литературы

1. Мищенко С. В. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение / С. В. Мищенко, А. Г. Ткачев. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
2. Крестинин А. В. Проблемы и перспективы развития индустрии углеродных нанотрубок в России / А. В. Крестинин. // Российские нанотехнологии. – 2007. – Т. 2, № 5-6. – С. 18-23.
3. Фурсиков П. В. Каталитический синтез и свойства углеродных нановолокон и нанотрубок. / П. В. Фурсиков, Б. П. Тарасов // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. – 2004. – № 10. – С. 24-40.
4. Золотухин А. А. Образование наноуглеродных пленочных материалов в газоразрядной плазме. / А. А. Золотухин, А. Р. Образцов, А. О. Устинов, А. П. Волков // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2003. – Т. 124, № 6. – С. 1291-1297.
5. Кускова Н. И. Зависимость выхода углеродных наноматериалов от строения молекул органических жидкостей в процессе электроразрядной обработки / Н. И. Кускова, С. В. Петриченко, П. Л. Цолин, В. Ю. Бакларь // ЭОМ. – 2013. – № 49 (1). – С. 14-19.
6. Кускова Н. И. Электроразрядная технология и оборудование для получения новых углеродных наноматериалов / Н. И. Кускова, К. В. Дубовенко, С. В. Петриченко, П. Л. Цолин, С. О. Чабан // ЭОМ. – 2013. – № 49 (3). – С. 35-42.
7. Цолин П. Л. Пат. 83143, Украина. Установка для синтеза углеродных наноматериалов / П. Л. Цолин, Н. И. Кускова, С. В. Петриченко, А. Ю. Терехов, А. А. Зубенко. – 2013. 8

8. Кускова Н. И. Синтез углеродных наноматериалов из газов, образующихся в процессе электроразрядной обработки органических жидкостей / Н. И. Кускова, В. Ю. Бакларь, А. Ю. Терехов, А. Н. Юцишина, С. В. Петриченко, П. Л. Цолин, А. П. Малюшевская // ЭОМ. – 2014. – № 50. – С. 1-5.

References (transliterated)

1. Mishhenko S. V., Tkachev A. G. Uglерodnye nanomaterialy. Proizvodstvo, svoystva, primeneniye [Carbon nanomaterials. Production, Properties, Applications]. Moscow, Mashinostroeniye publ., 2008. 320 p.

2. Krestinin A. V. Problemy i perspektivy razvitiya industrii uglерodnykh nanotrubok v Rossii [Problems and prospects of development of the industry of carbon nanotubes in Russia]. Rossijskie nanotekhnologii. 2007, vol. 2, no. 5-6, pp. 18-23.

3. Fursikov P. V., Tarasov B. P. Kataliticheskij sintez i svoystva uglerodnykh nanovolokon i nanotrubok. [Catalytic synthesis and properties of carbon nanotubes and nanofibers]. International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. 2004, no. 10, pp. 24-40.

4. Zolotuhin A. A., Obrazcov A. R., Ustinov A. O., Volkov A. P. Obrazovanie nanouglерodnykh pljonochnykh materialov v gazorazrjadnoj plazme [The formation of nanocarbon film materials in gas-discharge plasma]. Zhurnal jeksperimental'noj i teoreticheskoy fiziki. 2003, vol. 124, no. 6, pp. 1291-1297.

5. Kuskova N. I., Petrichenko S. V., Tsolin P. L., Baklar' V. Yu. Zavisimost' vykhoda uglерodnykh nanomaterialov ot stroeniya molekul organicheskikh zhidkostey v protsesse elektrozrazrjadnoy obrabotki [The dependence of carbon nanomaterials yield on the molecular structure of organic liquids in the process of discharge treatment]. Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2013, no. 49 (1), pp. 14-19.

6. Kuskova N. I., Dubovenko K. V., Petrichenko S. V., Tsolin P. L., Chaban S. O. Elektrozrazrjadnaya tekhnologiya i oborudovanie dlya polucheniya novykh uglерodnykh nanomaterialov [Electric discharge technology and equipment for the obtaining of novel carbon nanomaterials]. Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2013, no. 49 (3), pp. 35-42.

7. Tsolin P. L., Kuskova N. I., Petrichenko S. V., Terehov A. Ju., Zubenko A. A. Ustanovka dlja sinteza uglерodnykh nanomaterialov [An equipment for the synthesis of carbon nanomaterials]. Patent UA, no. 83143 2013.

8. Kuskova N. I., Baklar' V. Ju., Terehov A. Ju., Jushhishina A. N., Petrichenko S. V., Tsolin P. L., Maljushevskaja A. P. Sintez uglерodnykh nanomaterialov iz gazov, obrazujushhihsja v protsesse jelektrozrazrjadnoj obrabotki organicheskikh zhidkostey [The synthesis of carbon nanomaterials from the gases generated during the electric discharge treatment of organic liquids]. Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2014, no 50, pp. 1-5.

Поступила (received) 30.09.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Вплив режимів введення електричної енергії на вихід вуглецевих нанопорошків з органічних сполук в процесі їх електророзрядної обробки / Н. І. Кускова, С. В. Петриченко, П. Л. Цолин, В. Ю. Бакларь // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 36 (1208). – С. 46-51. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0740.

Влияние режимов ввода электрической энергии на выход углеродных нанопорошков из органических соединений в процессе их электроразрядной обработки / Н. И. Кускова, С. В. Петриченко, П. Л. Цолин, В. Ю. Бакларь // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 36 (1208). – С. 46-51. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0740.

Influence of electric energy input modes on the yield of carbon nanopowders from organic compounds in the process of electrical discharge treatment / N. I. Kuskova, S. V. Petrichenko, P. L. Tsolin, V. Yu. Baklar // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technique and electrophysics of high voltage. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016. – № 36 (1208). – С. 46-51. – Bibliogr.: 8. – ISSN 2079-0740.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кускова Наталія Іванівна – доктор технічних наук, професор, зав. відділом електрофізичних досліджень Інституту імпульсних процесів та технологій НАН України, тел.: (050) 737-94-52; e-mail: nataljakuskova@mail.ru.

Кускова Наталія Іванівна – доктор технических наук, профессор, зав. отделом электрофизических исследований Института импульсных процессов и технологий НАН Украины; тел.: (050) 737-94-52; e-mail: nataljakuskova@mail.ru.

Kuskova Natalya Ivanovna – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Head of the Department of Electrophysical Researches of the Institute of Pulse Processes and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine; tel.: (050) 737-94-52; e-mail: nataljakuskova@mail.ru.

Петриченко Сергій Вікторович – кандидат технічних наук, заступник директора Інституту імпульсних процесів та технологій НАН України, (067) 887-39-30; e-mail: petrighsergey@gmail.com

Петриченко Сергей Викторович – кандидат технических наук, заместитель директора Института импульсных процессов и технологий НАН Украины; тел.: (067) 887-39-30; e-mail: petrighsergey@gmail.com

Petrichenko Sergey Victorovich – Candidate of Technical Sciences, Deputy Director of the Institute of Pulse Processes and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine; tel.: (067) 887-39-30; e-mail: petrighsergey@gmail.com

Цолин Павло Леонідович – молодший науковий співробітник, Інститут імпульсних процесів та технологій НАН України, тел.: (093) 375-05-44; email: tsolinpasha@gmail.com.

Цолин Павел Леонидович – младший научный сотрудник, Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, тел.: (093) 375-05-44; email: tsolinpasha@gmail.com.

Tsolin Pavel Leonidovich – Research Assistant, Institute of Pulse Processes and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine, tel.: (067) 514-77-78; email: tsolinpasha@gmail.com.

Бакларь Віктор Юрійович – молодший науковий співробітник, Інститут імпульсних процесів та технологій НАН України, тел.: (050) 864-26-23; e-mail: baklarv@gmail.com.

Бакларь Виктор Юрьевич – младший научный сотрудник, Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, тел.: (050) 864-26-23; e-mail: baklarv@gmail.com.

Baklar Viktor Yurjevich – Research Assistant, Institute of Pulse Processes and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine, tel.: (050) 864-26-23; e-mail: baklarv@gmail.com.