Выводы. Результаты проведенных исследований показали, что £ товарных синтетических моторных масел существенно отличается от показателя £ минеральных моторных масел. Установлено, что параметр £ зависит как от природы базового масла, так и от состава вводимых присадок, это в свою очередь объясняет близкие значения параметра £ некоторых синтетических и минеральных масел. Параметр диэлектрической проницаемости £ может быть использован в экспертной практике на этапе предварительного исследования моторных масел при решении классификационных и идентификационных задач.

Список литературы: **1.** Комплексное криминалистическое исследование моторных масел для автотранспортных средств: Библиотека эксперта. – М.: ВНИИ МВД СССР, 1989. – 56с. **2.** Криминалистическое исследование нефтепродуктов и горюче-смазочных материалов: Методическое пособие для экспертов, следователей и судей. – М.: ВНИИСЭ, 1989. – Вып. 2. – 177с. **3.** *Усиков С.В., Васильева Л.К., Иванова З.Д.* Идентификация горюче-смазочных материалов на объектах топливно-энергитического комплекса на основе электрофизических показателей // Сборник трудов конференции «Новые топлива с присадками»: Академия прикладных исследований. Санкт Петербург. – 2002. – С.325 – 332. **4.** *Черножуков Н. И., Крейн С. Э., Лосиков Б.В.* Химия минеральных масел. – ГОСТОПТЕХИЗДАТ, 1951. – 307с. **5.** *Мамедьяров М. А.* Химия синтетических масел. – Л. : Химия, 1989. – 240с. **6.** *Надь Ш.Б.* Диэлектрометрия. – М.: Энергия, 1976. – 200с.

Поступила в редколлегию 23.03.07

УДК 533.9:546.11

П.Г. КРЫШТАЛЬ, ***Б.М. ШИРОКОВ***, канд. техн. наук, ННЦ ХФТИ

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДИССОЦИАЦИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ РАЗРЯДЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Проведена оцінка ступеня дисоціації молекулярного водню по зміряному відношенню інтенсивності лінії H_α атомарного водню і інтегральної інтенсивності ліній α ($d^3\Pi u$, $\upsilon' \to a^3\Sigma_g^+$, υ''; $\upsilon'=\upsilon''=0,1,2,3$)-системи в імпульсно-періодичному високочастотному індукційному розряді низького тиску з просторово неоднорідним розподілом електричного поля. Отримані значення ступеня дисоціації характеризують область поглинення високочастотної потужності (скін-шару) в даному розряді.

Evaluation of molecular hydrogen dissociation degree is made by measuring relation the ratio of the intensity of the line H_α of atomic hydrogen and the integral line intensity of the Fulcher α-system ($d^3\Pi u$, $\upsilon' \rightarrow a^3\sum_g^+$, υ''; $\upsilon'=\upsilon''=0,1,2,3$) in the low-pressure pulsed-periodic rf-discharge with an inhomogeneous distributions of the electric field. The obtained dissociation degree values characterize of the rf-power absorption region (skin-layer) in this discharge.

Плазмохимические технологии могут эффективно развиваться только при наличии достаточно простых методов диагностики, позволяющих проводить оперативные измерения основных параметров плазмы. Одним из наиболее важных параметров молекулярной плазмы является степень диссоциации рабочего газа. Степень диссоциации молекулярного водорода можно определить, измеряя концентрацию атомов водорода. В настоящее время известно несколько методов измерения концентрации атомов водорода: метод лазерно-индуцированной флуоресценции на линии H_α (λ = 656,3 нм) [1, 2], метод резонансно-усиленной многофотонной ионизации [3], масс-спектроскопические методы [4], метод электронного парамагнитного резонанса [5], абсорбционные измерения на линии H_α [6] и т.д. Однако данные методы предполагают использование сложного спектрометрического оборудования и изготовление специальных диагностических секций установок, что практически исключает применение этих методов в реальном плазмохимическом эксперименте. Среди других методов определения концентрации атомарного водорода отметим достаточно простой актинометрический метод [7], основанный на добавлении в разрядную среду химически инертного газа (аргон или криптон) с известными спектроскопическими данными. Однако успешное применение данного метода в разрядах низкого давления требует дополнительной информации о заселённости метастабильных состояний актинометра и степени ионизации газовой смеси.

В настоящей работе проведено определение степени диссоциации молекулярного водорода из отношения интенсивности линии H_α атомарного водорода и интегральной интенсивности линий фулферовой α ($d^3\Pi u$, $\upsilon' \rightarrow a^3\sum_g^+$, υ''; $\upsilon'=\upsilon''=0,1,2,3$)- системы в импульсно-периодическом высокочастотном (ВЧ) разряде низкого давления. Цель работы состоит в том, чтобы показать возможность использования данной методики для определения степени диссоциации H_2 в разряде с пространственно неоднородным распределением электрического поля.

Экспериментальная установка. Экспериментальная установка состоит из модернизированного ВЧ генератора ВЧИ-63/0,44, работающего на частоте $f = 0{,}833 \cdot 10^6$ Гц, разрядной камеры, системы откачки, обеспечивающей давление остаточных газов в камере 0,13 Па, и системы напуска газов. Разрядная камера расположена вертикально и представляет собой трубу из кварцевого стекла диаметром 150 мм и высотой 600 мм, которую охватывает цилиндрический индуктор, состоящий из 7 витков с внутренним диаметром 160 мм и длиной 180 мм. Внутри кварцевой трубы размещена цилиндрическая медная щелевая камера с внутренним диаметром 100 мм и длиной 490 мм. Металлическая камера и индуктор охлаждаются проточной водой. Водород подаётся в камеру аксиально, расход составлял 40 л/час при давлении газа 80 Па.

ВЧ генератор работал в импульсно-периодическом режиме с выходной мощностью до 60 кВт, при длительности импульса $\tau_и = 4{,}5 \cdot 10^{-3}$ с и частоте следования импульсов 150 Гц. Мощность, вкладываемая в разряд, регулировалась изменением связи между колебательными контурами генератора. Поглощённая в разряде мощность определялась с помощью калориметрических измерений энергии, поглощённой стенкой медной камеры. Данные измерения дают возможность определить как среднюю, так и импульсную мощность, поглощенную в плазме.

При индукционном способе возбуждения ВЧ разряда электрическое поле в разряде есть сумма продольного поля E_z, обусловленного ВЧ напряжением, приложенным к выводам индуктора и азимутального поля E_φ, обусловленного изменяющимся во времени магнитным потоком [8, 9]. Наличие медной щелевой камеры, длина которой в 3 раза больше длины индуктора, полностью экранирует продольную компоненту электрического поля [10, 11], и в исследуемом разряде реализуется чисто индукционный способ зажигания и поддержания ВЧ разряда. Напряжённость азимутального электрического поля максимальна возле стенки камеры и спадает до нуля на оси разрядной камеры. Типичные значения напряжённости электрического поля находятся в пределах $3 \div 5$ В/см.

В центральной части металлической камеры, находящейся между третьим и четвёртым витками индуктора, две секции камеры были развёрнуты таким образом, чтобы образовать продольную щель шириной 2 мм, позволяющую проводить спектроскопические измерения. Излучение плазмы разряда, отбираемое через эту щель, при помощи оптической системы из двух линз фокусировалось в плоскость входной щели монохроматора МДР-23 с дифракционной решёткой 1200 штр/мм. Ширина входной и выходной щелей монохроматора устанавливались равной 20 мкм. В качестве приёмника излучения использовался ФЭУ-84. Сигнал ФЭУ после усиления регистрировался либо осциллографом С8-17, либо записывался на потенциометре КСП-4 при проведении усреднённых по времени измерений. Наличие узкой щели на боковой поверхности камеры приводит к тому, что оптическая система собирает излучение плазмы преимущественно из периферийной зоны разряда. Характерный линейный размер выделенного объёма плазмы, вдоль луча зрения оптической системы, оценивается равным 1 см. Данная конструктивная особенность разрядной камеры не даёт возможности провести прямую экспериментальную проверку наличия или отсутствия самопоглощения спектральных линий в плазме разряда.

Метод диагностики и экспериментальные данные. Степень диссоциации молекулярного водорода определяется из отношения интенсивности линии H_α атомарного водорода и интегральной интенсивности линий фулферовой αH_2 ($d^3\Pi u$, $\upsilon' \to a^3\Sigma_g^+$,υ''; $\upsilon' = \upsilon'' = 0,1,2,3$) – системы [12]. В условиях ВЧ разряда низкого давления основным каналом заселения $H_2(d^3\Pi u)$ является реакция:

$$e + H_2(X^1\Sigma_g^+, \upsilon'') \to H_2(d^3\Pi u, \upsilon' < 4), \qquad (1)$$

что даёт возможность представить интегральную интенсивность линий этой системы в виде:

$$I_{H_2} = const \cdot n_e \cdot n_{H_2} \left\langle \sigma_{H_2} \cdot v_e \right\rangle, \qquad (2)$$

где n_e и n_{H_2} – концентрации электронов и молекулярного водорода, соответственно, а $\left\langle \sigma_{H_2} \cdot v_e \right\rangle$ – константа скорости возбуждения состояния $H_2(d^3\Pi u)$, каскадное заселение $H_2(d^3\Pi u)$ в условиях исследуемого разряда считаем несущественным. Радиационный распад состояния $H_2(d^3\Pi u)$ возможен только в состояние $H_2(a^3\Sigma_g^+)$ [13], поэтому, используя при расчёте константы скорости реакции (1) набор сечений из [14], мы обеспечиваем равенство константы скорости заселения состояния $H_2(d^3\Pi u)$ и константы скорости возбуждения данной α системы Фулфера.

Полагая, что атомы водорода в состоянии $H^*(n = 3)$ образуются как в результате прямого возбуждения электронным ударом из основного состояния атома водорода, так и в результате диссоциативного распада молекулы H_2:

$$e + H_2(X^1\sum_g^+, ³'') \rightarrow e + H(1S) + H(3l)\,, \qquad (3)$$

интенсивность линии H_α можно представить в виде:

$$I_{H\alpha} = \text{const}\,(n_e \cdot n_{H_2} \left\langle \pm_{H_2}^{дисс} \cdot £_e \right\rangle + n_e \cdot n_H \left\langle \pm_{H\sim}^{прям} \cdot £_e \right\rangle), \qquad (4)$$

где n_H – концентрация атомов водорода в основном состоянии, $\left\langle \pm_{H_2}^{дисс} \cdot £_e \right\rangle$ и $\left\langle \pm_{H\sim}^{прям} \cdot £_e \right\rangle$ - константы скоростей диссоциативного и прямого возбуждения линии H_α электронным ударом. В этом случае константа скорости возбуждения линии H_α получается умножением константы скорости возбуждения состояния H^* (n = 3) на A_{ki}/A_{kj} , где A_{ki} вероятность спонтанного перехода между уровнями k и i.

Разделив (4) на (2), получаем рабочую формулу для определения степени диссоциации водорода:

$$\frac{I_{H\sim}}{I_{H_2}} = \frac{\left\langle \pm_{H\sim}^{дисс} \cdot £_e \right\rangle}{\left\langle \pm_{H_2} \cdot £_e \right\rangle} + \frac{2K_d}{1-K_d} \cdot \frac{\left\langle \pm_{H\sim}^{прям} \cdot £_e \right\rangle}{\left\langle \pm_{H_2} \cdot £_e \right\rangle}, \qquad (5)$$

где $K_d = n_H/2\,n_{H_2}^0$ - определяемая степень диссоциации, $n_{H_2}^0$ - начальная концентрация молекул H_2.

Значения констант скорости реакций (1) и (3) определялись из соотношения:

$$\left\langle \pm \cdot £ \right\rangle = \sqrt{\frac{2}{m}} \cdot \int_0^\infty \pm(£) \cdot £ \cdot f(£) \cdot d£\,, \qquad (6)$$

где m и £ - масса и энергия электрона, $\pm(£)$ - сечение процесса, а $f(£)$ - функция распределения электронов по энергиям (ФРЭЭ). В пространственно-однородном ВЧ поле, при разряде в водороде, ФРЭЭ определяется величиной приведенного электрического поля $E_э/N$, где $E_э = 0{,}707\frac{E\cdot\neg}{(\neg^2+\mu^2)^{\frac{1}{2}}}$ – эффективное электрическое поле, E и µ - амплитуда и круговая частота ВЧ поля, ¬ - частота столкновений электрона с молекулами, N – концентрация молекул. В этом случае ФРЭЭ и соответствующие константы скорости получают из численного решения уравнения Больцмана для электронов с использованием двухчленного приближения при разложении ФРЭЭ в ряд по сферическим гармоникам [15].

Исследуемый индукционный ВЧ разряд характеризуется пространственно неоднородным распределением электрического поля. Оценки радиального распределения напряжённости электрического поля, проведенные согласно [16], показывают, что в исследуемом разряде при концентрации электронов
$n_e < 5\cdot10^{11}$ см$^{-3}$ напряжённость электрического поля изменяется линейно с радиусом, а при более высоких значениях n_e – зависимость E(r) нелинейная. В этом случае наиболее существенные изменения электрического поля происходят на глубине скин-слоя δ, которая в исследуемом диапазоне вкладываемых в плазму мощностей (P = 15 ÷ 27 кВт) близкая к δ ≈ 1 см.

Пространственная неоднородность электронного поля считается малой при выполнении условия a >> λ, где a – характерный размер неоднородности, определяемый [17]:

$$a = E^2(r) / \frac{dE^2(r)}{dr} , \qquad (7)$$

где λ - длина свободного пробега электрона.

В этом случае ФРЭЭ в каждой точке определяется локальным значением приведенного электрического поля в данной точке. В [18] показано, что приближение локального электрического поля выполняется при градиенте приведенного электрического поля меньше 400 Td/см. Данное значение существенно превышает возможные градиенты $E_э/N$ в нашем разряде.

Радиальный профиль газовой температуры $T_г(r)$ при ВЧ разряде в металлической разрезной камере измерить сложно, однако известно, что в разряде такого типа $T_г$ имеет минимальное значение возле стенки камеры и растёт с уменьшением радиуса камеры. Так, расчёты, выполненные в [19], показали, что при изменении радиуса камеры от R до r = 0,8R (где R – радиус разрядной камеры), $T_г$ возрастает примерно в 3 раза. Таким образом, в одной и той же области разряда уменьшение напряжённости электрического поля сопровождается увеличением газовой температуры, что в условиях изобарического нагрева газа приводит к тому, что несмотря на изменение E в e раз, изменение параметра $E_э/N$ в области скин-слоя незначительны и мы можем ввести среднее приведенное электрическое поле для этой области. Данное обстоятельство даёт возможность использовать для вычисления ФРЭЭ, а следовательно, и искомых констант скорости, программы численного решения уравнения Больцмана для пространственно-однородного электрического поля. Константа скорости прямого возбуждения линии H_α из основного состояния атомов водорода рассчитывалась согласно [20], при этом ФРЭЭ предполагалась максвелловской. Рассчитанные зависимости степени диссоциации молекулярного водорода от отношения интенсивности линии H_α к интегральной интенсивности линии α-системы Фулфера ($d^3\Pi u$, $\upsilon' \rightarrow a^3\Sigma_g^+$, υ''; $\upsilon' = \upsilon'' = 0,1,2,3$) для электронных температур T_e=1,6; 2,0; 5,0 эВ приведены на рисунке.

Отношение интенсивностей линии H_α и линий α-системы Фулфера может быть существенно искажено самопоглощением линии H_α. Прозрачность плазмы на заданной длине волны определяется значением оптической глубины плазмы $\overline{KR}$, определяемой соотношением [21]

$$\overline{KR} = \frac{\sqrt{\ln 2}}{4\pi\sqrt{\pi}} \cdot \frac{\lambda^4_{pq}}{c\Delta\lambda_{pq}} \cdot \frac{g_p}{q_q} \cdot A_{pq} \cdot n_q \cdot \mu \cdot R, \quad (8)$$

где K – коэффициент поглощения, R – характерный размер плазменного объёма, из которого принимается излучение, A_{pq} – вероятность спонтанного перехода $p \rightarrow q$, λ_{pq} – длина волны перехода, n_q – плотность заселённости нижнего состояния перехода; g_i – статистические веса; c – скорость света; μ - геометрический фактор равный 1,2 для разряда цилиндрической формы и $\Delta\lambda_{pq}$ – полуширина эмиссионного профиля линии. Полагая $\Delta\lambda_{pq}$ = 0,02 нм, а R = 1 см для линии H_α получаем $\overline{KR} \leq 1 \cdot 10^{-2}$ при $n_q \leq 1 \cdot 10$ см $^{-3}$, т.е. при концентрации атомов водорода в состоянии H*(n = 2), меньшей $1 \cdot 10^{10}$ см $^{-3}$, самопоглощением можно пренебречь.

Авторы работы [21] измерили плотность заселённости возбуждённого состояния атомов водорода H*(n = 2) методом лазерной флуоресцентной спектроскопии на линии H_α. Параметры плазмы в [21]: концентрация электронов $n_e = 5 \cdot 10^{11}$ см $^{-3}$, температура электронов T_e = 1,57 эВ и концентрация молекулярного водорода n_{H_2} = $9,8 \cdot 10^{13}$ см $^{-3}$ – достаточно близки к параметрам нашего разряда $n_e \approx 5 \cdot 10^{12}$ см $^{-3}$ $T_e = 1,6 \div 2,0$ эВ. Измеренная концентрация атомов водорода в состоянии H*(n=2) составляла $4,6 \cdot 10^7$ см $^{-3}$, что даёт возможность полагать, что условие $n_{H^*(n=2)} \le 1 \cdot 10^{10}$ см $^{-3}$ в нашем ВЧ разряде выполняется.

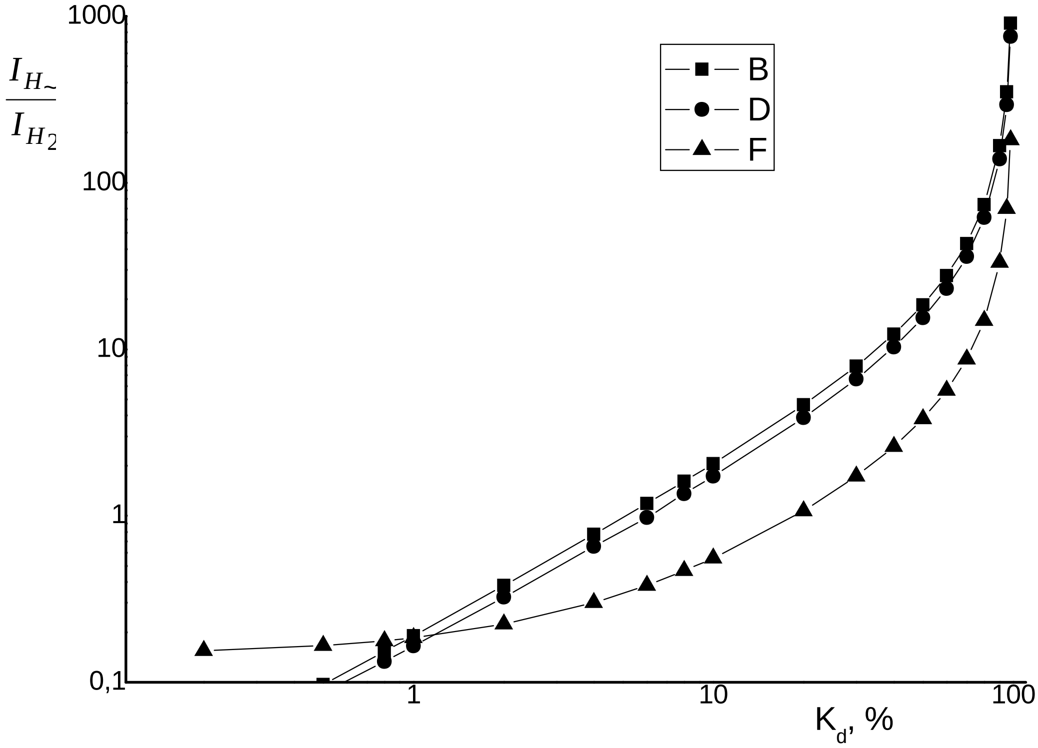

Рисунок – Рассчитанные зависимости степени диссоциации молекулярного водорода для температуры электронов B-1,6 эВ, D-2,0 эВ, F-5,0 эВ.

Измерения проводились при давлении водорода 80 Па. ВЧ мощность поглощенная в плазме изменялась в пределах P = 15 ÷ 27 кВт. Спектр водорода снимался перпендикулярно оси камеры в диапазоне длин волн 590 ÷ 640 нм. Идентификация спектра проводилась при помощи таблиц [22]. Газовая температура определялась по относительной интенсивности линий вращательной структуры α-системы Фулфера ($d^3\Pi u$, $\upsilon' \rightarrow a^3\Sigma_g^+$, υ''; $\upsilon' = \upsilon'' = 0$).

Типичные значения $T_г$ = 1900 ÷ 2000 °K. Температура электронов измерялась двойным зондом и изменялась в пределах T_e=1,6 ÷ 2,0 эВ. Измеренному значению температуры электронов соответствует средняя энергия электронов $\bar{\varepsilon} = \frac{3}{2}kT_e$, для которой и определяли значение параметра $E_э/N$. Для полученного значения $E_э/N$ рассчитывали константы скоростей реакции (1) и (3). В диапазоне значений приведенного электрического поля ($45 \le E_э/N \le 70$ Td) вычисленные значения характеристической энергии электронов отличаются от измеренных значений T_e не более чем на 8 %, т.е. ФРЭЭ в нашем разряде близка к максвелловской. Степень диссоциации молекулярного водорода при давлении 80 Па в исследованном диапазоне, вкладываемых в плазму мощностей достигает 75 %.

Заключение. Показана возможность оценки степени диссоциации молекулярного водорода в ВЧ индукционном разряде низкого давления с пространственно-неоднородным распределением электрического поля. Отметим простоту и достаточно высокую чувствительность метода особенно в области низких электронных температур. Полученные значения степени диссоциации характеризуют область поглощения ВЧ мощности (скин-слой) в данном разряде.

Список литературы: **1**. *Гутарев Ю.В., Дикий А.Г., Крышталь П.Г.* и др. Локальные измерения плотности атомов водорода в стеллараторе Ураган-2//Физика плазмы.-1984.-Т.10.- № 3.-с. 635-637. **2**. *Nightingale N.P.S., Holmes A.J.T., Forrest N.J.* et.al. Spectroscopic measurements of neutral hydrogen level population in a multipole H^- source // Journal of Physics D: Applied Physics.-1986.-V.19.-p.1707 – 1722. **3**. *Celli F.G., Butler J.E.* Hydrogen atom detection in the filament-assisted diamond deposition environment// Applied Physics Letters.-1989.-V.54.- №11.-p.1031 – 1033. **4**. *Hsu W.L.* Mole fractions of H, CH_3 and other species during filament-assisted diamond growth// Applied Physics Letters-1991.-V.59.-№12.-p.1427 – 1429. **5**. *Wood B.J., Mills J.S. and Wise H.* Energy accommodation in exothermic heterogeneous catalytic reactions// Journal Physics Chemistry.-1963.-V.67.-p.1462 – 1465. **6**. *Otorbaev D.K., Buuron A.J.M., Guerassimov N.T.* et.al. Spectroscopic measurement of atomic hydrogen level populations and hydrogen dissociation degree in expanding cacaded arc plasmas// Journal of Applied Physics.-1994.-V.76.-№ 8-, p.4499 – 4510. **7**. *Дятко Н.А., Кашко Д.А., Паль А.Ф.* и др. Актинометрический метод контроля концентрации атомарного водорода в тлеющем разряде// Физика плазмы.-1998.-Т.24.-№ 12.-с.1114 – 1123. **8**. *Allen J.E. and Segre S.E.* The Electric Field in Single-Turn and Multi-Sector Coils// Nuovo Cimento.-1961.-V.21.-№ 6.- p.980 – 987. **9**. *K. Chandrakar and von Engel*. The Starting mechanism of the first stage of the ring Discharge// Proceedings of the Royal Society Ser. A-1965, № 1398,-V.284,-p.442 – 454. **10**. Kubota S. Study of Breakdown of Gases by Purely Azimuthal Electric Fields// Journal of the Physical Society of Japan.-1962.- V.17.-p.1314 – 1315. **11**. *Henriksen B.B., Keefer D.R., and Clarkson M.H.* Electromagnetic Field in Electrodeless Discharge

// Journal of Applied Physics.-1971.-V.42.-№13.-p.5460 – 5464. **12**. *Ю.В. Злобина, В.М. Шибков, Л.В. Шибкова.* Нагрев газа и диссоциация в импульсном разряде в водороде // Физика плазмы - 1998, т. 24, -№ 7, -с.667 – 671. **13**. *Herzberg G.* Molecular Spectra and Molecular Structure I. Spectra of diatomic Molecules// D.van Nostrand Company, INC.-1966.-p.658. **14**. *MÖhlmann G.R. and De Heer F.J.* Emission cross sections of the $H_2(3p^3\Pi u \rightarrow 2S^3\sum_g^+)$ transition for electron impact on H_2.//Chemical Physics Letters.-1976.-V.43. -№ 2.-p.240 – 244. **15**. *Morgan W.L. and Penetrante B.M.* ELENDIF A time dependent Boltzman Solver for Partially Jonized Plasmas// Computer Physics Communications.-1990.-V.58.-p.27 – 152. **16**. *Barnes P.N.* The electric field in an inductively coupled low-power-density discharge with cylindrical coils// Plasma Sources Science and Technology -1997, -V.6, -p.435-436. **17**. *Малкин О.А.* Импульсный ток и релаксация в газе.-М: Атомиздат, -1974.-280 с. **18**. *Moratz T.J. and Pitchford L.C.* Model Calculations of electron Transport in Non-Uniform Fields// Bulletin of the American Physical Society.-1985.-V.30.-№ 2.-p.143. **19**. *Mostaghimi J., Proulx P. and Boulos M.J.* A two-temperature model of the inductively coupled rf plasma// Journal of Applied Physics.-1987.-V.61.-№ 5.-p.1753 – 1760. **20**. Jonev *R.K., Langer W.D., Evans K. and Post D.E.* Elementary Processes in Hydrogen-Helium Plasmas.-Berlin: Springer, -1987.-321p. **21**. *Qing Z., Otorbaev D.K., Brussaard G.J.H.* et.al. Diagnostics of the magnetized low-pressure Hydrogen plasma jet: Molecular regime// Journal of Applied Physics.-1996.-V.80.-№ 3.-p.1312 – 1324. **22**. *Crosswhite H.M.* The Hydrogen Molecule Wavelength Tables of Gerhard Heinrich Dieke.N.Y.-1972-p. E6 – E8.

Поступила в редколлегию 19.03.07.

УДК 628.4.032

Б.И. АДАМЧУК, аспирант, ***Е.К. СМЕТАНЮК***, аспирант, НТУ «ХПИ»
Д.В. БОГЛАЕНКО, ассистент, ***В.П. ШАПОРЕВ***, проф., НТУ «ХПИ»

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

У статті проведений аналіз стану питання в керуванні твердими відходами. Показано, що комплексна переробка побутових відходів є найбільш перспективним рішенням проблем поводження з відходами, що передбачає використання новаційних технологій переробки сировинних компонентів ТПВ.

In the article the analysis of the state of question is conducted in the management by hard wastes. It is shown that complex processing of domestic wastes the most perspective decision of problems of rotation with wastes, foreseeing the use of innovations technologies of processing of raw materials components of HDW.