

$\sigma$  — дисперсия результата. Время расчета было фиксировано и составляло около 4 сут на ПК Pentium-4 3,4 ГГц. Как видно из таблицы, использование функции ценности позволяет получить надежный результат во всем объеме корпуса. При этом на внешней поверхности корпуса без использования функции ценности дисперсия результата достигает 15%, что неприемлемо. Таким образом, эффективность метода на внешней поверхности корпуса составила ~500 для ВВЭР-440 и ~1500 для ВВЭР-1000.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **DOORS3.2** — One, Two- and Three Dimensional Discrete Ordinates Neutron/Photon Transport Code System. RSICC Computer Code Collection: CCC-650. Oak Ridge National Laboratory, 1998.
2. **Voloshchenko A.M., Gukov S.V., Russkov A.A. e.a.** The CNCSN-2: one, two- and three-dimensional coupled neutral and charged particle discrete ordinates code system. — In: Proc. of Intern. Conf. on Advances in Mathematics, Computational Methods, and Reactor Physics. Saratoga Springs, USA, May 3—7, 2009, CD-ROM № 201871.
3. **Bucholz J., Antonov S., Belousov S.** BGL440 and BGL1000 Broad Group Neutron/Photon Cross-Section Libraries Derived from ENDF/B VI Nuclear Data. IAEA Report, INDC(BUL)-15, 1996.
4. **Wagner J., Haghighat A.** Automated variance reduction of Monte Carlo shielding calculations using the discrete ordinates adjoint function — Nucl. Sci. Engng, 1998, v. 128, p. 186—208.
5. **Haghighat A., Wagner J.** Monte Carlo variance reduction with deterministic importance functions. — Progress Nucl. Energy J., 2003, v. 42, № 1, p. 25—53.
6. **Калос М., Накач Ф., Селник Дж.** Методы Монте-Карло в применении к решению реакторных задач. — В сб.: Вычислительные методы в физике реакторов. Под ред. Х. Гринспена, К. Келбера, Д. Окренда. М.: Атомиздат, 1972, с. 224—273.
7. **Гомин Е.А.** Статус MCU-4. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика ядерных реакторов, 2006, вып. 1, с. 6—32.
8. **Chen U., Liu Y.** Dose calculation for the BNCT treatment room at thor by the TORT-coupled MCNP4C Technique. — In: Intern. Topical Meeting on Mathematics and Computation, Supercomputing, Reactor Physics and Nuclear and Biological Applications M&C2005. Avignon, France, September, 2005, CD-ROM № 107.
9. **Chen Y., Fisher U.** Three-dimensional coupled Monte Carlo-discrete ordinates computational scheme for shielding calculations of large and complex nuclear facilities. — Ibid., CD-ROM № 36.
10. **Shen R., Chen A., Liu Y. e.a.** Shielding calculations for a spent fuel storage cask: a comparison of discrete ordinates, Monte-Carlo, and hybrid methods. — Nucl. Sci. Engng, 2008, v. 159, p. 23—36.
11. **Wagner J., Haghighat A.** A<sup>3</sup>MCNP: Automatic Adjoint Accelerated MCNP. User's Manual. Version 1.0i. Oak Ridge National Laboratory, 2000.
12. **Гуревич М.И., Руссков А.А., Волощенко А.М.** ConDat 1.0 — программа преобразования исходных данных из комбинаторной геометрии в растровую с использованием алгоритма трейсинга (tracing). Инструкция для пользователя: Препринт ИПИМ им. М.В. Келдыша РАН, 2007, № 12.

Поступила в Редакцию 20.10.10

УДК 519.63:533.9:621.362

#### ПРЕДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОЭМИССИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

*Жеребцов В.А., Касиков И.И. (ГНЦ РФ — ФЭИ им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск)*

Промышленное использование термоэмиссионных преобразователей тепловой энергии возможно только при достаточно высоких значениях ресурса и выходных параметров — напряжения, плотности тока и к.п.д. С достижением к.п.д. 20—30% они станут конкурентоспособными преобразователями энергии ядерных реакторов в космических и наземных высокотемпературных энергоустановках. Названные параметры взаимосвязаны. Так, увеличение ресурса за счет снижения температуры эмиттера

одновременно уменьшает удельную генерируемую мощность и к.п.д. При заданной температуре эмиттера и коллектора максимальные мощность и к.п.д. могут быть достигнуты оптимизацией работы выхода электродов и прежде всего снижением работы выхода коллектора. При этом актуальными оказываются оценка максимально возможных выходных параметров преобразователя и нахождение условий для их реализации. Используя различные предельные вольт-амперные характеристики, можно оце-

нить, не прибегая к сложным расчетам, максимально возможные характеристики и к.п.д. преобразователя энергии в разных условиях.

Наиболее высокими выходными параметрами могут обладать вакуумные термоэмиссионные преобразователи энергии с оптимизированной работой выхода электродов. Если коллектор вакуумного преобразователя имеет нулевую температуру  $T_k$  и работу выхода  $\Phi_k$ , близкую к нулю, то его вольт-амперная характеристика описывается больцмановским уравнением

$$i = A_0 T_3^2 \exp -eV/kT_3, \quad (1)$$

где  $i$  — плотность тока;  $A_0 \approx 120 \text{ A}/(\text{см}^2 \cdot \text{K}^2)$  — постоянная, знак  $\approx$  означает приближенное равенство;  $T_3$  — температура эмиттера;  $e$  — заряд электрона;  $V$  — выходное напряжение;  $k$  — постоянная Больцмана. Такой преобразователь имеет электронный к.п.д.  $\eta_e \approx 1$ . С повышением температуры коллектора выходное напряжение при постоянном токе снижается. При оптимальной работе выхода электродов вольт-амперная характеристика в этом случае описывается следующим уравнением [1, 2]:

$$i = A_0 T_3^2 \frac{T_3 - T_k}{T_3} \left( \frac{T_3}{T_k} \right)^{T_3/T_3 - T_k} \exp \left( -\frac{eV}{k T_3 - T_k} \right). \quad (2)$$

Электронный к.п.д. этого преобразователя близок к.п.д. цикла Карно. Преобразователи с цезиевой плазмой вследствие специфических потерь энергии имеют еще более низкое выходное напряжение. По отношению к больцмановской характеристике разница составляет около 2 В. Верхний предел выходного напряжения плазменных преобразователей можно оценить, используя некоторые эмпирические закономерности. В дуговом режиме вольт-амперная характеристика имеет излом. Вблизи точки излома выходная мощность и к.п.д. максимальны. Их значения существенно зависят от параметра  $Pd$  ( $P$  — давление цезия,  $d$  — межэлектродное расстояние). При низкой температуре коллектора и невысокой эмиссии электронов с него в оптимизированном по параметру  $Pd$  режиме потери напряжения  $V_d$  в межэлектродном зазоре, связанные, в основном, с плазменными процессами, вблизи точки излома составляют  $V_{d0} = 0,4\text{—}0,5 \text{ В}$  [3, 4]. С учетом этого при некото-

рых разумных допущениях можно получить выражение предельной кривой, огибающей все возможные вольт-амперные характеристики плазменного преобразователя энергии, работающего в дуговом режиме, и рассчитать предельный к.п.д. Решение этой проблемы и составляет содержание настоящей статьи.

В дуговом режиме термоэмиссионного преобразователя энергии с эмиттирующим электроны коллектором из баланса энергии электронного газа в межэлектродном пространстве аналогично [5, 6] имеем

$$iV_d = 2i_3 \frac{k T_{e3} - T_3}{e} - 2i_k \frac{k T_{ek} - T_k}{e} + W_i + 2i_k \frac{k T_{ek} - T_k}{e}, \quad (3)$$

где  $i_3$ ,  $i_k$  — плотность тока электронной эмиссии с эмиттера и коллектора соответственно;  $T_{e3}$ ,  $T_{ek}$  — температура электронов плазмы эмиттера и коллектора соответственно;  $W_i$  — полные затраты энергии электронного газа на генерацию ионов. В точке излома вольт-амперной характеристики дугового режима, оптимизированного по параметру  $Pd$ , сумма первых трех членов в уравнении (3) слабо зависит от плотности тока электронной эмиссии с коллектора и может быть положена равной  $iV_{d0}$ . Тогда для генерируемого напряжения в точке излома

$$V = \frac{\Phi_3}{e} - \frac{\Phi_k}{e} - V_{d0} - 2 \frac{i_k}{i} \frac{k T_{ek} - T_k}{e}, \quad (4)$$

где  $\Phi_3$  — работа выхода эмиттера.

Отношение плотности тока, генерируемого в точке излома вольт-амперной характеристики, к плотности тока термоэлектронной эмиссии с эмиттера зависит от параметра  $Pd$  [7]. При оптимальном параметре  $Pd$  отношение

$$\alpha = i/i_3 \approx 0,5. \quad (5)$$

При изменении работы выхода коллектора вследствие экспоненциальной зависимости от нее тока эмиссии выходное напряжение имеет экстремум (см. выражение (4)). Снижение работы выхода коллектора при малом токе эмиссии электронов с него приводит к росту выходного напряжения из-за увеличения контактной раз-

ности потенциалов, повышение тока эмиссии — к его уменьшению вследствие возрастания потерь энергии на подогрев электронов, эмиттируемых с коллектора, до температуры плазменных электронов. В результате максимальное генерируемое напряжение достигается при известном условии [3]

$$\frac{i_k}{i} = \frac{T_k}{2 T_{ek} - T_k} \approx \frac{1}{2} \quad (6)$$

и составляет

$$V = \frac{\Phi_3}{e} - \frac{\Phi_k}{e} - V_{d0} - \frac{kT_k}{e}. \quad (7)$$

Работа выхода электродов определяется по соотношениям (5), (6):

$$\Phi_k = k T_k \ln \left[ 2 \frac{A_0}{i} T_k^2 \frac{T_{ek} - T_k}{T_k} \right]; \quad (8)$$

$$\Phi_3 = k T_3 \ln \left[ \alpha \frac{A_0}{i} T_3^2 \right]. \quad (9)$$

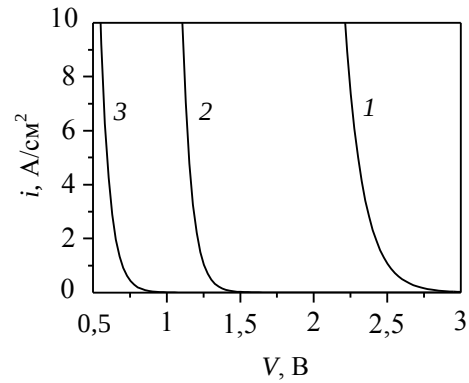
Выражения (7)—(9) определяют огибающую вольт-амперных характеристик (геометрическое место точек излома) термоэмиссионного преобразователя, оптимизированного по параметру  $Pd$  и работе выхода коллектора, т.е. предельную вольт-амперную характеристику дугового режима преобразователя энергии.

С учетом выражения (2) предельную вольт-амперную характеристику можно записать в виде

$$i = \left\{ \alpha^{T_3/T_3 - T_k} \frac{T_3}{T_3 - T_k} \left[ \frac{T_3}{2 T_{ek} - T_k} \right]^{T_k/T_3 - T_k} \times \right. \\ \left. \times \exp \left( - \frac{eV_{d0} + kT_k}{k T_3 - T_k} \right) \right\} i_T V, \quad (10)$$

где плотность тока  $i_T$   $V$  определяется правой частью выражения (2).

На рис. 1 приведены предельные вольт-амперные характеристики преобразователя энергии — температура эмиттера 1500 К, коллектора 750 К, электронов в плазме вблизи коллектора 2300 К, отношение тока электронной эмиссии с эмиттера к проходящему току 0,5. В расчетах полагалось  $V_{d0} = 0,4$  В. Вольт-амперная характеристика идеального вакуумного пре-



Р и с. 1. Предельные вольт-амперные характеристики преобразователя энергии: 1 — больцмановская характеристика (выражение (1)); 2, 3 — вакуумный (выражение (2)) и дуговой режим (выражение (10)) соответственно

образователя энергии спадает с напряжением существенно быстрее больцмановской характеристики, сдвинута от нее в область меньших напряжений примерно на  $V_B T_3 - T_k / T_3$  ( $V_B$  — напряжение на больцмановской характеристике при заданной плотности тока). Эта характеристика дает более реалистическое представление о предельных возможностях преобразователя энергии. Предельная вольт-амперная характеристика дугового режима сдвинута от характеристики идеального вакуумного преобразователя энергии в сторону меньших напряжений примерно на  $V_{d0} + kT_k/e$ . Эта характеристика позволяет оценить максимальные возможности и ограничения реального преобразователя энергии, работающего в дуговом режиме, в частности, его эффективность.

Электронный к.п.д. преобразователя энергии в дуговом режиме, имеющем предельные характеристики,

$$\eta_e = iV/q_{e3}, \quad (11)$$

где плотность тока определяется по выражению (10), плотность потока энергии, уносимой электронами с эмиттера, — по формуле

$$q_{e3} = \frac{1}{e} [i_3 \Phi_3 + 2kT_3 - i_3 - i \Phi_3 + 2kT_{e3}] - q_{p3},$$

$q_{p3} = \xi W_i$  (постоянная  $\xi \approx 1/2$ ) — плотность потока энергии, возвращаемой на эмиттер из плазмы с ионами, возбужденными атомами и вследствие излучения плазмы. С учетом уравнений (3), (5), (6) плотность потока энергии с эмиттера определяется по формуле

$$q_{e3} = \frac{i}{e} \left[ \Phi_3 - \xi e V_{d0} + 2(1 - \xi) \times \right. \\ \left. \times k \frac{T_3 - 1 - \alpha T_{e3}}{\alpha} + 2\xi k T_{ek} \right]. \quad (12)$$

Подставляя выражение (10) в формулу (9), получим работу выхода эмиттера как функцию напряжения

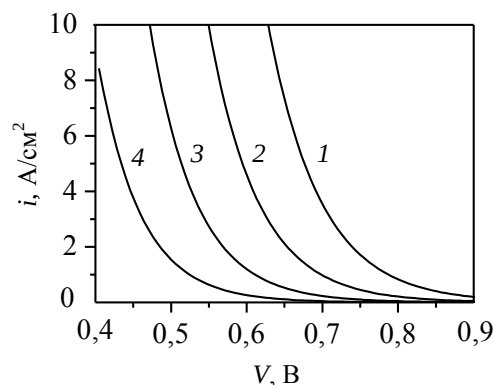
$$\Phi_3 = \frac{1}{\eta_K} \left\{ eV + eV_{d0} + kT_K \times \right. \\ \left. \times \left[ 1 + \ln \left( \frac{2T_K T_{ek} - T_K}{\alpha T_3^2} \right) \right] \right\}, \quad (13)$$

где  $\eta_K = T_K - T_3 / T_K$  — к.п.д. цикла Карно. С использованием выражений (11)—(13) электронный к.п.д. определим по формуле

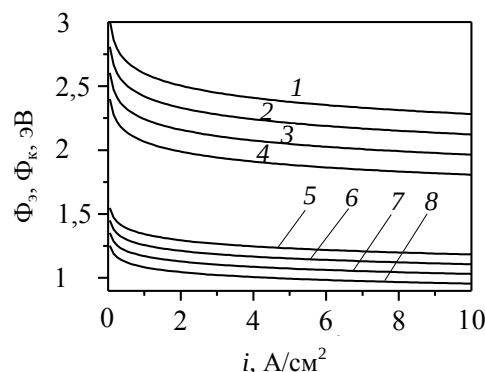
$$\eta_e = \eta_K \left\{ 1 + 1 - \eta_K \xi \frac{V_{d0}}{V} + \right. \\ \left. + \frac{1}{eV} \left[ kT_K \left( 1 + \ln \frac{2T_K T_{ek} - T_K}{\alpha T_3^2} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + 2\eta_K (1 - \xi) k \frac{T_3 - 1 - \alpha T_{e3}}{\alpha} + 2\eta_K \xi k T_{ek} \right] \right\}^{-1}. \quad (14)$$

На рис. 2—5 для некоторой характерной температуры электродов показаны предельные вольт-амперные характеристики дугового режима преобразователя энергии, требуемая для их достижения работа выхода эмиттера и коллектора, предельный электронный к.п.д. и к.п.д. с учетом радиационных потерь энергии с эмиттера.

В рассматриваемых условиях предельные вольт-амперные характеристики с уменьшением температуры электродов смещаются примерно на 0,1 В (см. рис. 2). Работа выхода электродов, необходимая для достижения предельных характеристик, снижается с уменьшением температуры электродов и ростом тока (см. рис. 3). Причем при плотности тока 2—4 А/см<sup>2</sup>, характерной для низкотемпературных преобразователей энергии, она оказывается низкой — для коллектора 1—1,3 эВ, для эмиттера 1,9—2,5 эВ. В рабочих условиях термоэмиссионного преобразователя такая работа выхода пока не реализована.

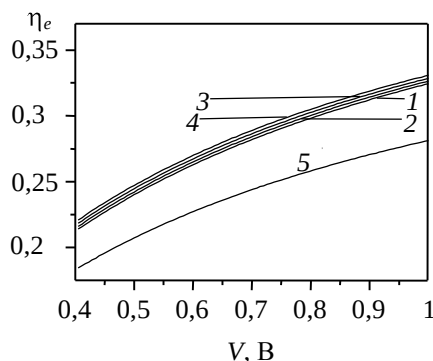


Р и с. 2. Предельные вольт-амперные характеристики дугового режима преобразователя энергии при температуре электронов в плазме вблизи коллектора 2300 К, параметре  $\alpha = 0,5$ , температуре эмиттера и коллектора 1600, 800 (1), 1500, 750 (2), 1400, 700 (3), 1300, 650 К (4) соответственно



Р и с. 3. Работа выхода эмиттера и коллектора, соответствующая предельной вольт-амперной характеристике дугового режима преобразователя энергии при температуре электронов в плазме вблизи коллектора 2300 К, температуре эмиттера 1600 (1), 1500 (2), 1400 (3), 1300 К (4), коллектора 800 (5), 750 (6), 700 (7), 650 К (8)

Электронный к.п.д. растет с напряжением (см. рис. 4) и в формальном пределе при  $V \rightarrow \infty$  стремится к к.п.д. цикла Карно (см. формулу (14)). При заданном напряжении и одинаковых



Р и с. 4. Электронный к.п.д. преобразователя энергии при температуре электронов в плазме вблизи эмиттера 2500 К и вблизи коллектора 2300 К, параметре  $\alpha = 0,5$ , температуре эмиттера и коллектора 1600, 800 (1), 1500, 750 (2), 1400, 700 (3), 1300, 650 (4), 1600, 900 К (5) соответственно

к.п.д. цикла Карно электронный к.п.д. слабо зависит от температуры электродов — кривые 1—4 на рис. 4 почти сливаются. С уменьшением к.п.д. цикла Карно (кривая 5) электронный к.п.д. снижается пропорционально. В рассматриваемых условиях  $\eta_e = \eta_k / (1 + \gamma/V)$ , где  $\gamma \approx 0,55 \text{ В}$ .

К.п.д. преобразователя энергии, учитывающий радиационный теплообмен между электродами, можно записать в виде

$$\eta = \eta_e / \left[ 1 + \eta_e q_{t3} / iV \right],$$

где  $q_{t3}$  — плотность потока тепла с эмиттера вследствие излучения. Учет радиационных потерь приводит к расщеплению зависимостей к.п.д. от напряжения и его снижению с уменьшением плотности тока (см. рис. 5). Приведенная степень черноты в расчетах полагалась равной 0,15. В рассматриваемых условиях с низкой температурой коллектора ( $\eta_k = 50\%$ ) при плотности тока 2—4 А/см<sup>2</sup> к.п.д. не превышает 20%. Для достижения такого к.п.д. необходимы отсутствующие в настоящее время электроды с низкой работой выхода (см. рис. 3). При этом следует заметить, что эффективная работа выхода коллектора может оказаться выше оптимальной за счет появления потенциального барьера, который ускоряет электроны, идущие в коллектор. В этих случаях характеристики преобразователя энергии будут ниже предельных.

В расчетные формулы предельных вольт-амперных характеристик и к.п.д. дугового режима преобразователя энергии входят параметры, значения которых известны с невысокой точностью, — отношение генерируемого тока к току эмиссии электронов с эмиттера  $\alpha = 0,4$ —

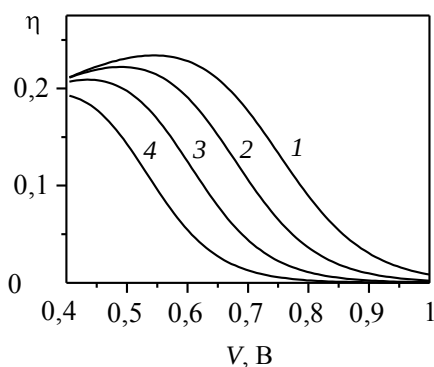


Рис. 5. К.п.д. с учетом радиационных потерь тепла с эмиттера преобразователя энергии при температуре электронов в плазме вблизи эмиттера 2500 К и вблизи коллектора 2300 К, параметре  $\alpha = 0,5$  (обозначение кривых см. на рис. 2)

0,6 [7], температура электронов в плазме вблизи электродов может изменяться в пределах 2300—2800 К [8]. В связи с этим было исследовано влияние неопределенности этих параметров на результаты расчетов. Изменение параметра  $\alpha$  на 20% приводит к смещению вольт-амперной характеристики примерно на  $3 \cdot 10^{-2} \text{ В}$ , электронного к.п.д. примерно на  $2 \cdot 10^{-3}$ , к.п.д. с учетом радиационных потерь тепла с эмиттера примерно на  $2 \cdot 10^{-2}$ . Изменение температуры электронов в плазме вблизи электродов на 500 К приводит к смещению вольт-амперной характеристики на  $3 \cdot 10^{-2} \text{ В}$ , электронного к.п.д. и к.п.д. с учетом радиационных потерь энергии с эмиттера на  $2 \cdot 10^{-2}$ . Таким образом, неопределенность параметров  $\alpha$ ,  $T_{e3}$ ,  $T_{ek}$  не приводит к большим ошибкам в расчетах.

Наряду с оценкой перспективных возможностей преобразователя энергии предельные характеристики дугового режима полезны для оценки достоверности экспериментальных результатов. В исследованиях термоэмиссионного преобразователя энергии с покрытым углеродом сетчатым коллектором, через который прокачивались пары цезия, были получены высокий генерируемый ток и напряжение вблизи предельной характеристики дугового режима [9, 10], что объяснялось образованием в межэлектродном зазоре гипотетической «ридберговской материи» [11]. Аналогичные экспериментальные данные были получены в исследованиях [12]. Столь высокие характеристики вызывают сомнения специалистов в их достоверности. К тому же не видно физических предпосылок для образования в такой слабонеравновесной системе, как термоэмиссионный преобразователь энергии, сильнонеравновесного состояния вещества — ридберговской материи. И действительно, тщательными экспериментальными исследованиями установлено, что необычно высокие характеристики приборов, моделирующих преобразователь энергии, обусловлены зажиганием в окружающем диод пространстве посторонних разрядов [13]. Это в условиях плохо контролируемых размеров рабочих поверхностей электродов приводит к повышению тока во внешней цепи приборов. Таким образом, для объяснения измеряемых высоких характеристик не требуется привлечения гипотезы об образовании в термоэмиссионном преобразователе

энергии ридберговской материи. Необходимо отметить, что влияние постороннего разряда на увеличение тока в измерительной цепи диода при высоком генерируемом напряжении исследовалось еще в 1968 г. [14].

Таким образом, дуговой термоэмиссионный преобразователь энергии с цезиевой плазмой при температуре эмиттера 1300—1600 К, к.п.д. цикла Карно 50% и плотности тока 2—4 А/см<sup>2</sup> имеет к.п.д., не превышающий 20%. Для получения предельных характеристик требуются электроды с низкой работой выхода ( $\Phi_k = 1—1,3$  эВ,  $\Phi_s = 1,9—2,5$  эВ). Полученные формулы и результаты расчетов могут быть использованы при разработке перспективных термоэмиссионных энергоустановок.

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и правительства Калужской области (проект № 07-08-96416).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титков А.С. К вопросу оптимизации выходных характеристик идеального ТЭП. — Журн. техн. физики, 1978, т. 48, № 4, с. 767—769.
2. Касиков И.И., Щербинин П.П. Предельный к.п.д. термоэмиссионного диода: Препринт ФЭИ, № 1815, 1986. 33 с.
3. Квасников Л.А., Кайбышев В.З., Каландаришвили А.Г. Рабочие процессы в термоэмиссионных преобразователях ядерных энергетических установок. М.: Изд-во МАИ, 2001. 208 с.
4. Коноплев А.А., Юдицкий В.Д., Тушина Л.И. Эмпирический метод расчета вольт-амперных характеристик разрядного режима ТЭП. — Журн. техн. физики, 1975, т. 45, № 2, с. 314—319.
5. Стаханов И.П., Касиков И.И. О вольт-амперных характеристиках низковольтного дугового разряда. — Там же, 1969, т. 39, № 8, с. 1496—1505.
6. Стаханов И.П., Пашенко В.П., Степанов А.С., Гуськов Ю.К. Физические основы термоэмиссионного преобразования энергии. М.: Атомиздат, 1973. 374 с.
7. Кайбышев В.З., Каретников Д.В., Куличенков А.И. Вольт-амперные характеристики термоэмиссионных преобразователей при пониженных температурах эмиттера: Препринт ИАЭ-2464, 1974. 24 с.
8. Бакшт Ф.Г., Дюжев Г.А., Марциновский А.М. и др. Термоэмиссионные преобразователи и низкотемпературная плазма. М.: Наука, 1973. 480 с.
9. Holmlid L. Rydberg states and rydberg matter in thermionic energy converters. — In: Proc. Thermionic Energy Conversion Specialist Conf. Goteborg, Sweden, 1993, p. 47—52.
10. Holmlid L., Svensson R. Collector for Thermionic Energy Converter Covered with Carbon Like Material and Having a Low Electronic Work Function. United States Patent № 5578886, Date Nov. 26, 1996.
11. Holmlid L., Manykin E.A. Rydberg matter a long lived exited state of matter. — ЖЭТФ, 1997, т. 111, № 5, с. 1601—1610.
12. Ярыгин В.И., Касиков И.И., Миронов В.С. и др. Экспериментальное исследование свойств конденсата возбужденных состояний вещества (ридберговской материи) электрофизическими и оптическими методами. — В сб.: Труды регионального конкурса научных проектов в области естественных наук. Вып. 10. Калуга: Изд-во АНО «Калужский научный центр», 2006, с. 237—251.
13. Ярыгин В.И., Агафонов В.Р., Касиков И.И. и др. Оптические и электрофизические исследования характеристик конденсата возбужденных состояний цезия (ридберговского вещества). — Там же, вып. 14. Калуга: Изд-во АНО «Калужский научный центр», 2009, с. 180—189.
14. Вараксин Б.П., Кайбышев В.З., Кошелев В.А. и др. Экспериментальные исследования некоторых вопросов, связанных с работой термоэмиссионного преобразователя в разрядном режиме. Термоэмиссионное преобразование энергии. — В сб.: Докл. сов. ученых на II Межд. конф. по термоэмиссионному преобразованию энергии. Италия, 27—31 мая 1968 г. М.: ВНИИТ, 1969, с. 231—248.

Поступила в Редакцию 24.06.10

УДК 621.311.25:621.039

#### ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ СВОДОВ ПРАВИЛ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЯЭУ

*Европин С.В. (ОАО «НИКИЭТ», г. Москва)*

Принятые в мае 2007 г. изменения Федерального закона «О техническом регулировании» распространили норму об особенностях технического регулирования в оборонной области на всю продукцию и объекты, для которых устанавливаются требования ядерной и ра-

диационной безопасности, а также на связанные с продукцией процессы проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения. Хотя данная законодательная норма и предусматривает необходи-