

ТЕРМОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭНЕРГИИ НА КЕРАМИЧЕСКОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ $\text{Na-}\beta''\text{-Al}_2\text{O}_3$

Б.А. Шматко

ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск



Представлены расчетные характеристики автономного термоэлектрохимического энергоисточника $W_{\text{эл}}=0.5$ кВт с прямым преобразованием тепловой энергии в электрическую на основе керамического твердоэлектrolитного преобразователя с натрием в качестве рабочего тела и теплоносителя. КПД энергоисточника с газовым подогревом достигает ~20 % при рабочем диапазоне температур 973 – 600 К.

ВВЕДЕНИЕ

Термоэлектрохимические преобразователи энергии (ТЭХП) [1, 2] являются электрогенераторами прямого преобразования энергии с помощью твердоэлектrolитных мембран. Преобразователи на основе натрий-бета-глинозема ($\text{Na-}\beta''\text{-Al}_2\text{O}_3$) с проводимостью по ионам натрия [3] имеют ряд преимуществ перед другими преобразователями энергии, например, термоэмиссионными или термоэлектрическими.

Верхняя температура ТЭХП $T_2=900\text{--}1100$ К может быть обеспечена источниками тепла, основанными как на сжигании основных органических топлив, так и на солнечном или ядерном нагреве. Нижняя температура ТЭХП $T_1=400\text{--}700$ К освоена в натриевой технологии, при этом КПД преобразователя достигает 20–30%, поэтому ТЭХП на натрий-бета-глиноземе рассматривается как перспективный энергоисточник для автономных потребителей в диапазоне мощностей 0.5–50 кВт как в наземной, так и космической энергетике [4 – 6]. Экспериментальные образцы электрогенерирующих элементов и их сборок позволяют получать удельные мощности до 0.75 Вт/см² при температурах 700 – 800°С в течение до 2 тыс. ч [6 – 15].

Создание ТЭХП на натрии связано с разработкой технологии керамики $\text{Na-}\beta''\text{-Al}_2\text{O}_3$ - нового уникального по свойствам материала с катионной проводимостью по Na^+ и заданным уровнем электропроводности ($\rho \cong 1$ ом·см), а также с разработкой надежного обратимого электрода на катоде преобразователя.

ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

На рис.1 представлена принципиальная схема натриевого ТЭХП. Электрохимический блок генератора тока представляет собой герметичную камеру, разделенную на две части с помощью твердоэлектrolитной керамической мембраны из $\text{Na-}\beta''\text{-Al}_2\text{O}_3$. Одна часть камеры – высокотемпературная – заполнена жидким натрием, является изотермичной и поддерживается вместе с керамической мембраной при температуре в диапазоне $T_2=900\text{--}1100$ К. При этих температурах равновесное давление паров натрия составляет $P_2=5\cdot 10^3\text{--}6\cdot 10^4$ Па.

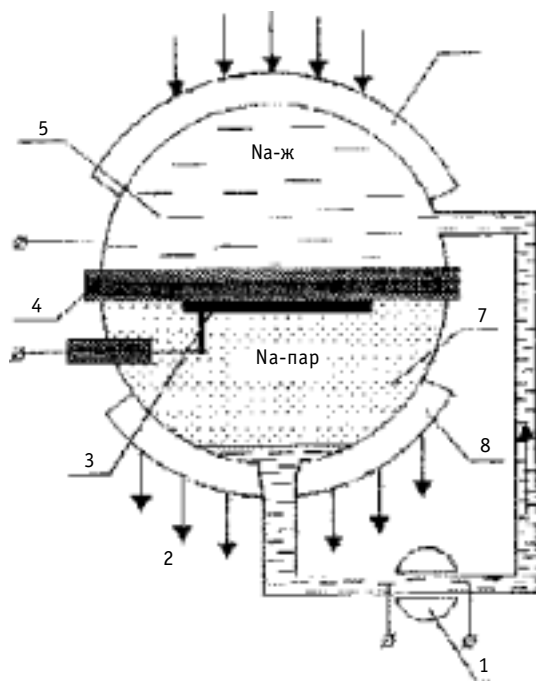


Рис.1. Принципиальная схема натриевого ТЭХП:
1 - электромагнитный насос; 2 - сборник конденсата;
3 - катод; 4 - твердый электролит; 5 - жидкий натрий;
6 - подогреватель натрия; 7 - пары натрия;
8 - конденсатор паров натрия

Другая часть камеры – низкотемпературная – находится при температурах $T_1 = 400\text{--}700\text{ К}$ и наполнена парами натрия при парциальных давлениях $P_1 = 2 \cdot 10^{-4}\text{--}10^2\text{ Па}$. Стенки этой части камеры являются холодильником-конденсатором для паров натрия. Жидкий натрий из конденсатора возвращается в зону высоких температур с помощью электромагнитного насоса, установленного на холодной стороне ТЭХП.

Таким образом, рабочим телом в тепловой машине является натрий. Он не расходуется, а только изменяет свое агрегатное состояние “жидкость-пар”. Со стороны парового пространства электролит снабжен высокопористым электродом с электронной проводимостью, например, из молибдена или нитрида титана.

Перенос заряда через мембрану происходит в виде катионов натрия, ионизация которого происходит в жидкометаллическом аноде по реакции



Практически на твердоэлектролитной мембране с катионной проводимостью осуществляется процесс изотермического расширения рабочего тела – натрия – от давления P_2 до P_1 с подводом тепла, а на электродах мембраны формируется ЭДС. Закон превращения тепловой энергии в электрическую на твердоэлектролитной мембране выражается уравнением

$$RT \ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{nFE}{\bar{t}} \quad (2)$$

где \bar{t} – среднее ионное число переноса твердого электролита, n – число электронов в реакции (1), F – число Фарадея, E – ЭДС элемента (1), R – универсальная газовая постоянная, T – температура электролита.

Соотношение (2) при $\bar{t}=1$ известно как уравнение Нернста для ЭДС гальванических элементов.

Вольтамперную характеристику (ВАХ) натриевого твердоэлектролитного преобразователя при $\bar{t}=1$ можно представить в виде*:

$$U = \frac{RT_2}{e} \ln \left[\frac{P_2}{P_1} \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{0.5} \right] - \frac{RT_2}{e} \ln \left[1 + (2+x) \cdot \frac{4I}{e\gamma v} \right] - Ir_0 \quad (3)$$

* Основные идеи ТЭХП ранее были представлены в работе Шматко Б.А., Иевлевой Ж.И., Милованова Ю.В., Жеребцова В.А., Белугина В.А. Натриевый бароэлектрохимический генератор тока. Техническое предложение. Обнинск: ФЭИ, 1992, инв. № 44-26/631. - С.24.

где U , I - напряжение (В) и плотность генерируемого тока (А/см^2), e - заряд электрона, γ , \bar{v} - плотность и средняя скорость атомов насыщенных паров натрия при температуре T_1 , r_0 - электросопротивление мембраны с электродом и токосъемником, приходящееся на единицу поверхности электрода электрогенерирующего элемента; x - безразмерный параметр, пропорциональный газодинамическому сопротивлению пористого электрода.

На рис.2 представлена расчетная ВАХ, при $x=0$ для мембраны толщиной $\delta = 1$ мм при $T_2 = 973$ и $T_1 = 500, 600$ К. Для сравнения там же представлены экспериментальные данные при $T_1 = 500$ К [7].

Видно, что расчетная ВАХ "идеального" электрода согласуется с данными эксперимента. При этом КПД электрохимического преобразователя ограничен поляризацией катода при протекании тока по реакции (1) и находится на уровне 70 %.

СХЕМА МОНОБЛОЧНОГО ТЭХП

Рассмотрим простейший моноблочный генератор тока мощностью 0.5 кВт на основе керамических пробилок диаметром 20 мм и высотой 150 мм с рабочими температурами $T_2 = 700^\circ\text{C}$ и $T_1 = 330^\circ\text{C}$. Выберем на рис. 2 в качестве рабочей точки электрогенерирующего элемента плотность тока 0.3 А/см^2 , тогда генерируемая удельная электрическая мощность составит $W = 0.17 \text{ Вт/см}^2$, что существенно ниже предельной генерируемой мощности 0.48 Вт/см^2 . Мощность одного элемента составит 16.4 Вт, а сборка из 20 шт. последовательно соединенных элементов обеспечит 325 Вт при напряжении 12 В. Две параллельные сборки электрогенерирующих элементов обеспечат заданную проектную мощность 500 Вт при следующих ВАХ: $I = 0.3 \text{ А/см}^2$, $U = 0.58 \text{ В}$.

На рис. 3 представлена конструктивная схема моноблочного энергоисточника. Он состоит из контура электрохимических преобразователей и системы подогрева электрогенерирующих элементов с помощью натриевого испарительного термосифона.

Подогрев камеры с жидким натрием до температуры кипения в термосифоне может осуществляться стандартной газовой горелкой (2) с КПД не ниже 70%. В автономную полость термосифона и контур электрогенерирующих элементов загружается небольшое количество (до 1 кг) натрия. Керамические пробки (6) обогриваются излучением корпуса термосифона (3), который, в свою очередь, нагревается изнутри парами натрия. В контуре ТЭХП пары натрия конденсируются на внутренней стенке камеры-конденсатора (5) с воздушным охлаждением (9) путем естественной конвекции.

Жидкий натрий находится внутри керамических пробилок и, расширяясь через мембрану-электролит, испаряется, а затем конденсируется на внутренней поверхности камеры (5). Стекающий жидкий натрий электромагнитным насосом (1) возвращается в коллектор и через разделяющие трубки поступает в электрогенерирующие элементы.

Оценим КПД ТЭХП. Уравнение теплового

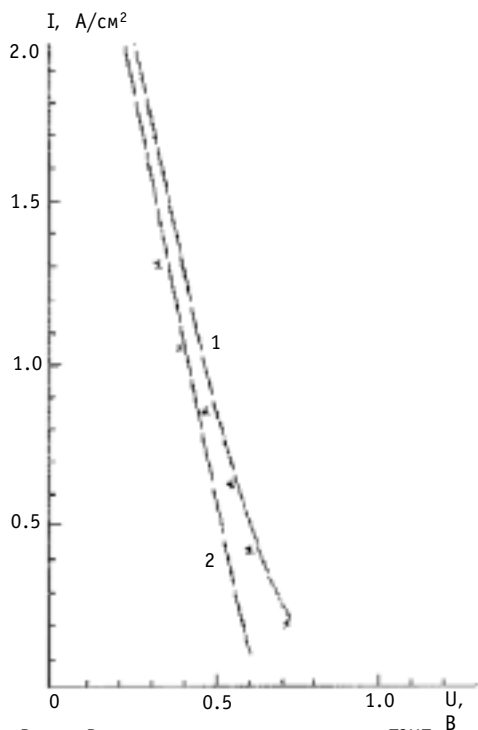


Рис.2. Вольтамперная характеристика ТЭХП:
1 - $T_1=500 \text{ К}$, $T_2=973 \text{ К}$; 2 - $T_1=600 \text{ К}$, $T_2=973 \text{ К}$;
x - экспериментальные данные [7] при $T_1=500 \text{ К}$

баланса для сборки электрохимического преобразователя запишем в виде:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + iU, \quad (4)$$

где Q – тепловая мощность, подводимая к элементам преобразователя; Q_1 – тепловая мощность на подогрев натрия от температуры T_1 до T_2 ; Q_2 – тепловая мощность, уносимая натрием, испаряющимся с пористого электрода элементов; Q_3 – потери мощности, которые включают радиационные за счет теплопроводности по конструкциям и омические потери; iU – электрическая мощность, генерируемая элементами. Мощность Q_1 определяется соотношением $Q_1 = G \cdot c_p (T_2 - T_1)$, где G – расход натрия (кг/с), а c_p – теплоемкость натрия (Дж/кг·К). Мощность Q_2 определяется уравнением $Q_2 = G \cdot r$, где r – теплота испарения натрия (Дж/кг).

Расход натрия через поверхность одного элемента определим из уравнения:

$$G_1 = \frac{S_1 \cdot I \cdot M}{e}, \quad (5)$$

где S_1 – поверхность одного элемента (см²), $M = 23 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}$ кг – атомная масса натрия, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ К – заряд электрона, I – плотность тока (А/см²).

Радиационные потери тепла с поверхности элементов составляют

$$Q_4 = \epsilon_n \cdot \sigma (T_2^4 - T_1^4) S, \quad (6)$$

где $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²К⁴ – постоянная Стефана-Больцмана; ϵ_n – приведенная степень черноты системы из двух поверхностей: излучающей на конденсатор поверхности S всех элементов и внутренней поверхности воздушного конденсатора паров натрия S_2 :

$$\epsilon_n = \left[\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{S}{S_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right) \right]^{-1}, \quad (7)$$

где ϵ_1 , ϵ_2 – степень черноты электролита и конденсатора.

В расчетах принималось $\epsilon_1 = 0.8$, а степень черноты конденсатора варьировалась в пределах от 0.02 до 0.1. Степень черноты минимальна ($\epsilon_2 = 0.02$), когда поверхность конденсатора полностью покрыта пленкой натрия. Если сплошной пленки нет, то ϵ_2 увеличивается, растут радиационные потери и снижается КПД генератора тока.

Другие потери незначительны (< 10%) по сравнению с радиационными потерями при температуре электрогенерирующих элементов 700 – 800°С. Из расчетов следует, что вынесенный из зоны нагрева конденсатор позволит уменьшить радиационные потери и, соответственно, увеличить КПД преобразователя. Однако при этом увеличиваются весо-габаритные характеристики моноблока выше 15 кг/кВт.

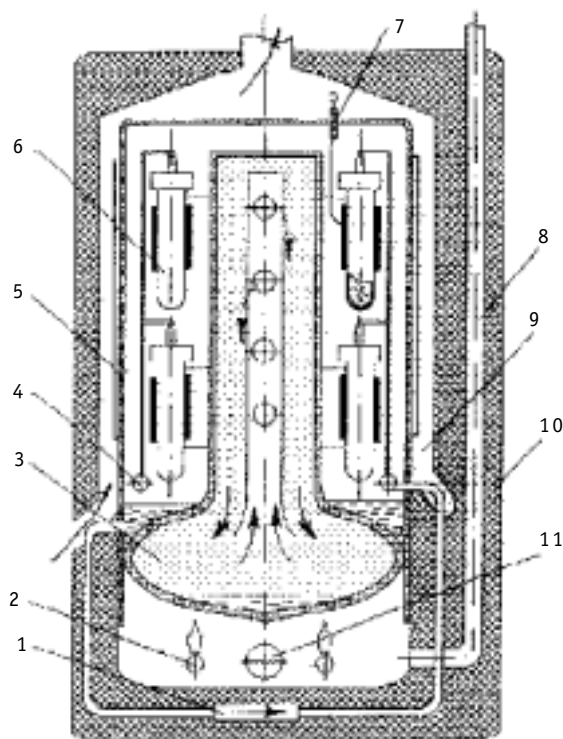


Рис.3. Конструктивная схема моноблочного натриевого ТЭП: 1 – электромагнитный насос; 2 – газовая горелка; 3 – натриевый термосифон; 4 – коллектор жидкого натрия; 5 – камера ТЭП; 6 – электрогенерирующий элемент; 7 – токосъемник; 8 – газоход продуктов сгорания; 9 – воздушный конденсатор; 10 – теплоизоляция; 11 – воздуховод

Таблица 1

Расчетные характеристики ТЭХП

Наименование параметров	Температура элементов 973 К; температура конденсатора 600 К				Температура элементов 1073 К; температура конденсатора 600 К	
Плотность тока I, А/см ²	0.3	0.4	0.6	0.8	0.2	0.3
Напряжение, U, В	0.58	0.54	0.50	0.46	0.75	0.73
Электрическая мощность с единицы поверхности W, Вт/см ²	0.17	0.22	0.3	0.37	0.15	0.22
Электрическая мощность одной трубки, Вт	16.4	21	28	35	14	21
Электрическая мощность сборки* из 20 элементов, Вт	328	420	560	700	283	420
Расход Na в сборке, кг/с	0.135·10 ⁻³	0.18·10 ⁻³	0.27·10 ⁻³	0.36·10 ⁻³	0.09·10 ⁻³	0.135·10 ⁻³
Тепловая мощность на подогрев Na в сборке, Вт	63	85	127	169	53	80
Тепловая мощность, уносимая испаряющимся из сборки Na, Вт	547	729	1094	1458	356	535
Плотность теплового потока радиационных потерь с поверхности трубок, Вт/м ²	ε= 0.8 1.09·10 ³ при ε ₂ = 0.002 (5.21·10 ³ при ε ₂ = 0.1)				ε ₁ = 0.8 ε ₂ = 0.02 1.70·10 ³	
Мощность радиационных потерь из сборки, Вт	82 (393)*				128	
Полная тепловая мощность, подводимая к сборке, Вт	1020 (1330)	1316 (1627)	1863 (2174)	2409 (2720)	820	1163
КПД преобразования, %	32 (25)	32 (26)	30 (26)	29 (26)	34.5	36
Плотность теплового потока с поверхности термосифона, Вт/м ²	2.16·10 ⁴ (2.82·10 ⁴)	2.79·10 ⁴	3.95·10 ⁴	5.11·10 ⁴	1.74·10 ⁴	2.47·10 ⁴
Температура термосифона, К	1096 (1126)	1125	1173	1216	1152	1181

* цифра без скобок соответствует ε₂= 0.02, в скобках - ε₂= 0.1

КПД генератора тока определяется соотношением:

$$\eta = \frac{iU}{Q} . \tag{8}$$

Результаты расчетов составляющих теплового баланса, температур и КПД для представленного на рис.3 преобразователя приведены в табл.1.

Анализ расчетных результатов показывает, что при рабочей температуре 700°С для рассматриваемой конструкции ТЭХП с проектной мощностью 500 Вт необходимо иметь ВАХ с I = 0.3 А/см² и U = 0.58 В. При этом электрическая мощность составляет 660 Вт. Эта точка расположена в области максимального КПД при температурах T₂ = 973 К и T₁ = 600 К, достигающего 32 %.

Увеличить КПД преобразователем до 36 % можно путем перехода на рабочую температуру T₂=1073 К. Расчетные характеристики ТЭХП при T₂=1073 К и T₁= 600 К пред-

Таблица 2

Основные параметры ТЭХП

Параметр	Значение
Электрическая мощность, Вт	660
Тепловая мощность, подводимая к элементам, Вт	2040
КПД преобразования, %	2
Напряжение, В	24
Расход Na в элементах преобразователя, кг/с	$0.27 \cdot 10^{-3}$
Температура конденсатора, К	600
Температура элементов преобразователя, К	973
Температура термосифона, К	1096
Плотность осевого теплового потока в термосифоне, Вт/м ²	$2.6 \cdot 10^5$
Эффективность топки, %	70
Полный КПД ТЭХП, %	22

ставлены также в табл.1.

Основные параметры с выбранными ВАХ сведены в табл. 2. Внешнее оребрение корпуса конденсатора позволяет с помощью естественной конвекции воздуха снять ~ 2 кВт тепла и направить его на отопление, поддерживая при этом температуру конденсатора $T_1 = 600$ К.

В случае водяного охлаждения конденсатора снижение температуры T_1 вплоть до 380 К приводит к повышению КПД преобразователя в соответствии с уравнением Касикова [2]:

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{E}{U}. \quad (9)$$

ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЭХП

Накопленный мировой опыт разработки ТЭХП с натрием в качестве теплоносителя и рабочего тела показывает, что создание стабильного и слабополяризующегося пористого катода на керамике $\text{Na-}\beta''\text{-Al}_2\text{O}_3$ является такой же сложной технологической проблемой, как и создание кондиционного твердого электролита в виде пробирок.

При разработке и создании эффективного катода в электрогенерирующих элементах ТЭХП особое внимание следует уделять 3-слойным, составным электродам [2]. Такой электрод состоит из высокопористого (пористость $\geq 70\%$ с размером пор менее 5 мкм) тонкообразующего покрытия непосредственно на керамике, токосъемника, например, из никелевой ваты (войлока) и перфорированной никелевой трубки, обеспечивающей как токосъем на катоде, так и защиту керамики-электролита от виброударных нагрузок.

Наилучшие ВАХ получены на следующих катодных материалах-покрытиях: карбид титана, нитрид титана, сплавы молибдена и вольфрама.

В заключение отметим, что разработки серно-натриевых аккумуляторов для электромобилей на основе твердого электролита $\text{Na-}\beta''\text{-Al}_2\text{O}_3$ с рабочей температурой 300°C существенно стимулировали освоение технологии этого материала [16, 17]. Разрабатываются также новые перспективные материалы с проводимостью как по катионам натрия, например, насикон ($\text{Na}_{1+x}\text{Zr}_2\text{Si}_x\text{P}_{3-x}\text{O}_{12}$, где $0 \leq x \leq 3$), так и по катионам других щелочных металлов (Cs^+ , K^+ и Li^+) [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный комплексный анализ физико-технических и технологических характеристик преобразователей подтверждает возможность создания автономных энергоис-

точников на основе прямого преобразования тепловой энергии в электрическую в термоэлектрохимических натриевых преобразователях энергии с твердым электролитом из натрия-бета-глинозема. Отличительной особенностью моноблочных генераторов тока на основе испарительных натриевых термосифонов с воздушным охлаждением является сравнительно низкая температура преобразователя 700 - 800°C и КПД на уровне 20–30%, что позволяет использовать широкий спектр топлив в качестве первичного источника энергии и создавать энергоустановки мощностью до 50 кВт с удельными весовыми характеристиками на уровне $10 \div 15$ кг/кВт.

В рамках конверсии технологий щелочно-металлических теплоносителей ЯЭУ представляется перспективным создание ряда унифицированных бесшумных энергоустановок мощностью 0.5; 1; 2; 4; 8 и 16 кВт для народного хозяйства и, особенно, для фермеров России, использующих доступные виды топлив, например, биогаз.

В настоящее время РКК "Энергия" и ФЭИ начаты проработки ТЭХП мощностью $W_{эл} = 10$ кВт с солнечным нагревом для космической станции "Альфа". Со стороны РАН работами руководит академик В.И. Субботин.

Список литературы

1. Квасников Л.А., Тазетдинов Р.Г. Регенеративные топливные элементы. - М.: Атомиздат, 1978. - С.168.
2. Субботин В.И., Шматко Б.А. и др. Термоэлектрохимический преобразователь энергии на керамическом протонике $BaCe_{0.8}Y_{0.2}O_3$. Препринт ФЭИ – 2658, Обнинск: ФЭИ, 1997. - С. 26.
3. Бурмакин Е.И. Твердые электролиты с проводимостью по катионам щелочных металлов. - М.: Наука, 1992. - С. 250.
4. Weber N. A thermoelectric device based on beta-alumina solid electrolyte. *Energi Conversion.*, 1974. - № 1. - P. 1 – 8.
5. Kummer J.T., Weber N. US patent., 1968. - № 3. 458356.
6. Bonston C.P., Cole T., Jones R., Ewell R. Experimental and systems studies of the alkali metal thermoelectric Converter for aerospace power// *J.Energy.* -1983. - V. 7. - № 5. - P. 442 – 448.
7. Cole T. Thermoelectric energy Conversion with Solid electrolytes, Seiuce. -1973. - V. 221. - №4514. - P. 915 – 920.
8. Novak R.F., McBride J.R., Hunt T.K. at al. Development of a 1 kWe sodium heat engine. *Proc. 23 IECEC.* - N.Y., 1988. - V.1. - P. 219 – 225.
9. Williams R.M. at al. High power density performance of WPt and WRh electrodes in the alkali metal thermoelectric converter// *I.Elektrochem. Soc.* . - 1989. - V. 136. - № 3. - P. 893 – 894.
10. Williams R.M. at al. Lifetime studies of high power rhodium/tungsten and molybdenum electrodes to application to AMTEC (alkali metal thermal-to-electric converter). *Proc. 25 IECEC.* - N.Y., 1990. - V.2. - P. 418 – 419.
11. McBride I.R., Novak R.F. at al. Advances in design and performance of SHF system components. *Proc. 24 IECEC.* - N.Y., 1989. - V.2. - P. 683 – 688.
12. Hunt T.K., Novak R.F. at al. Test results in a kilowatt-scale sodium heat engine. *Proc. 25 IECEC.* - N.Y., 1990. - V.2. - P. 420 – 425.
13. Hunt T.K. at al. Engineering development for sodium heat engine system. *Proc. 26 IECEC*, v. 2, N.Y., 1991, p. 445 – 460.
14. Williams R.M. at al. Advances in high temperature components for AMTEC. *Proc. 26 IECEC.* - N.Y., 1991. - V.5. - P. 450 – 455.
15. Tanaka K., Masuda T., Negishi A. Performance characteristics and thermal desing of alkali metal thermoelectric conversion system. *Proc. 25 IECEC.* - N.Y., 1990. - V.2. - P. 402 – 406.
16. Шматко Б.А., Голубков С.П., Таланчук П.П. Теоретические основы реверсивных кислородных насосов на твердоэлектролитных мембранах. *Электрохимия.* - М.: РАН, 1992. - Т. 28. - № 4. - С. 761 – 778.
17. Садуорс Д.Ж., А. ТИЛЛЦ Серно-натриевые аккумуляторы. - М.: Мир, 1988. - С. 672.

Поступила в редакцию 25.05.99.

board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 8 pages, 3 tables, 3 illustrations. - References, 15 titles.

Measuring of the solar neutrino flux using the radiochemical detector on the basis of lithium is one of most important and perspective from the point of view of physics of experiments. From the point of view of chemistry the lithium detector is one of the most complex. A conditionality of choice of metal lithium as a target for neutrino and also the basic technological problems of this detector is discussed in [1]. The chemical problems related to extraction of beryllium from lithium after filtering the latter are investigated in this paper.

УДК 669.884:539.12

Development of the High Efficiency Method of Registration of Low Activity ^7Be in Lithium Detector of the Solar Neutrino \G.Ya. Novikova, V.V. Petuhov, Eu. A. Janovich, V.E. Janz; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 5 pages, 2 tables, 2 illustrations. - References, 6 titles.

The method of detection of low-active ^7Be isotope formed in the lithium solar neutrino detector by means of high-temperature proportional counter is described in the paper. It is shown that expected counting rate of ^7Be forming from nuclear-active cosmic ray component exceeds the background one.

УДК 541.135 – 537.311

Thermoelectrochemical Converter Based on Ceramic Electrolyte $\text{Na-}\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ \B.A. Shmatko; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 7 pages, 2 tables, 3 illustrations. - References, 17 titles.

Estimated performances of the autonomous thermoelectrochemical energy source $w=0.5$ kw with direct transformation of a thermal energy into electrical one on the basis of ceramic solidelectrolyte transducer with sodium as a working medium and coolant are represented in the paper. The efficiency of the energy source with gas preheating reaches about 20% within the working range of temperatures 973-600 K.

УДК 669.536.422

On the Specific Features of the Sodium Heat Pipe System Technology \I.I. Zasorin, M.N. Ivanovski, A.V. Morozov; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 11 pages, 5 tables, 3 illustrations. - References, 23 titles.

An analysis and classification of data on the impurities source in sodium heat pipes is presented. Special attention is given to the volume source of oxygen in walls of the heat pipes defining resource of the device. An estimation of time of degassing of steel from hydrogen and the method of determination of temperature condition for restoration of oxide layers as well as the experimental method of the prognosis of resource of the heat pipes are considered in the paper.