

ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ОБОСНОВАНИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ПОТОК ФОТОНОВ

А.В. Гулевич, О.Ф. Кухарчук, Н.И. Логинов, А.С. Михеев

ГНЦ РФ Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского



Рассматривается экспериментальное обоснование преобразовательных систем с использованием некоторых модельных установок и приводятся полученные на них результаты. Экспериментально показано, что эффективность преобразования может достигать 80–90%.

Ключевые слова: фотонный движитель, ядерный реактор, тепловая энергия, параллельный поток фотонов, излучатель, концентратор.

Key words: photon engine, nuclear reactor, thermal energy, parallel photon beam, irradiator, concentrator.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Чтобы проверить теоретические оценки эффективности различных устройств, преобразующих тепловую энергию в энергию направленного фотонного пучка [1], и возможность достижения эффективности преобразования тепловой мощности реактора в силу тяги на уровне $\epsilon = 0.9$ [1, 2], в Физико-энергетическом институте были проведены экспериментальные исследования некоторых преобразователей теплового излучения в параллельный поток фотонов (при различных комбинациях излучателя и отражателя).

Из одиннадцати вариантов комбинаций излучателей и концентраторов, рассмотренных авторами (табл. 1 [1]), экспериментально исследованы только три:

- преобразователь в виде зеркала, имеющего форму параболического цилиндра, с галогенной электрической лампой, нить накала (спираль диаметр 2 мм, длина ~ 60 мм) расположена вдоль фокальной оси зеркала;
- вольфрамовый излучатель в форме диска, излучающий в полупространство;
- вольфрамовый излучатель в форме диска, помещённый в фокусе параболического зеркала.

Методика экспериментов (в общих чертах) сводилась к следующему. Излучатели нагревали электрическим током. Подводимую к излучателю мощность контролировали с погрешностью не более $\pm 2,5\%$. Излучение направляли на измерительный экран, снабжённый термopарами для определения теплового потока, падающего в данную точку. Показания термopар регистрировались в ранних опытах самопишущим потенциометром класса точности 0,5, а в более поздних опытах – быстродействующей компьютерной измерительной системой с погрешностью не более $\pm 0,1\%$.

© **А.В. Гулевич, О.Ф. Кухарчук, Н.И. Логинов, А.С. Михеев, 2013**

Для исключения отвода тепла от излучателя путём конвекции и теплопроводности измерения проводили в вакуумных камерах с давлением остаточных газов $10^{-4} - 10^{-5}$ мм рт. ст.

Таблица 1

Сравнение концентраторов различной формы

Вариант	ФОРМА	Диаметр излучателя d_i , м	Поверхность излучателя $S_{\text{изл.}}$, м ²	Фокусное расстояние F , м	Диаметр апертуры D , м	Площадь апертуры S_a , м ²	Эффективность преобразования P/P_0 , %	Тяга P , мН	«Удельная» тяга P/S_a , мН/м ²
1	Диск	1,129	1	–	–	1	66,7	6,67	6,67
2	«Точечная» сфера + зеркало $\alpha = \pi / 3$	0,564	1	5,64	35,8	1007	88,9	8,89	$8,89 \cdot 10^{-3}$
3	Диск+конус $\alpha = \pi / 3$	1,129	1	–	1,7	2,25	81,6	8,16	3,63

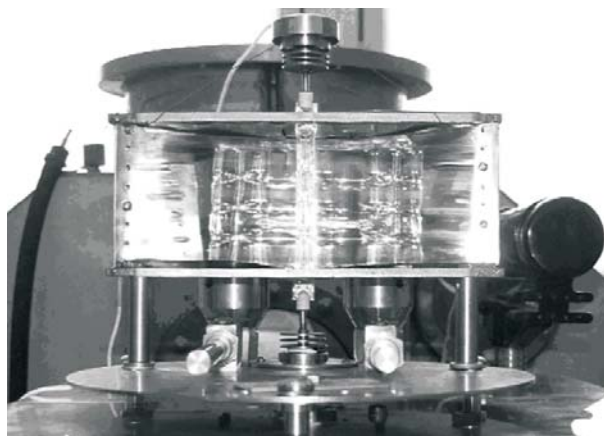


Рис. 1. Экспериментальный участок с параболическим цилиндром

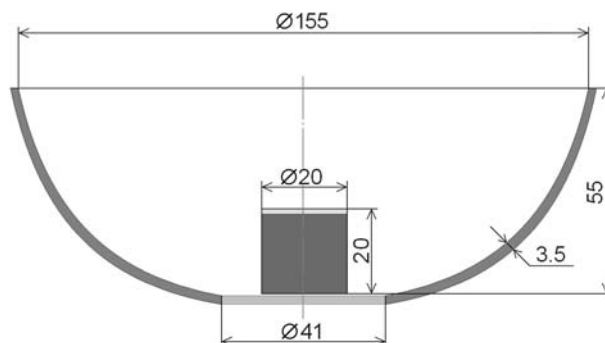


Рис. 2. Схема преобразователя с вольфрамовым излучателем и зеркалом в виде параболоида вращения

На рисунке 1 показан внешний вид (без измерительного экрана) экспериментального участка с зеркалом в виде параболического цилиндра и с галогенной лампой.

Высота зеркала – 75 мм, ширина – 198 мм, глубина – 73,5 мм, фокусное расстояние – 33,5 мм.

На рисунке 2 показано схематическое устройство экспериментального участка с вольфрамовым излучателем в форме диска, расположенного в фокальной плоскости параболоида вращения, а на рис. 3 – его внешний вид.

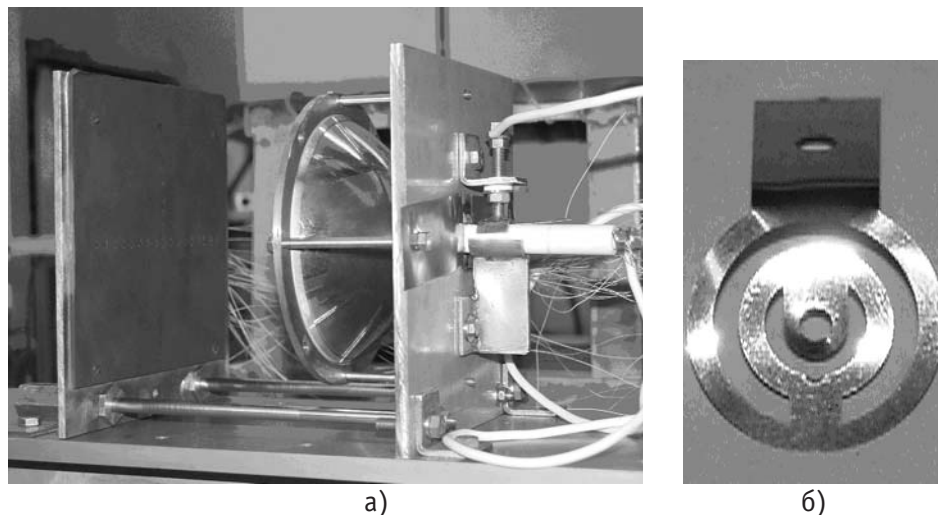


Рис. 3. Внешний вид рабочего участка (а) и вольфрамового излучателя (б)

Вольфрамовый излучатель располагался на одном из торцов полого металлического цилиндра внешним диаметром 20 мм и толщиной 1 мм, имитирующего корпус реактора. Конструкционный материал цилиндра – молибден марки МЧВП. Излучатель диаметром 20 мм выполнен из вольфрамовой фольги толщиной 50 мкм. Для достижения равномерности нагрева поверхности он спрофилирован по электросопротивлению. Фотография излучателя представлена на рис. 3б. Излучатель нагревался переменным электрическим током. Один токоподвод крепился в центре, а другой на периферии излучателя, как это показано на рисунке. Материал токоподводов – молибден. Внутренняя часть цилиндра заполнена трубками из корунда. Они экранируют излучение с обратной стороны излучателя, а также центрируют токоподвод.

В качестве зеркала взят стандартный отражатель от прожектора. Он представляет собой усеченный параболоид вращения, изготовленный из кварцевого стекла (толщина стекла – 3,5 мм). Использование кварцевого стекла позволяет сохранять при нагревании практически неизменными геометрические размеры зеркала, так как кварц обладает малым коэффициентом термического расширения. Внутренняя поверхность параболоида покрыта слоем алюминия, отполированного до зеркального блеска. Интегральный полусферический коэффициент отражательной способности алюминия по данным [3] составляет 0,975 при температуре 300К. Фокусное расстояние для этого зеркала равно 24 мм. Плоскость излучателя совмещена с плоскостью фокуса (проходящая через фокус плоскость перпендикулярна оси параболоида вращения) и центрирована по оптической оси.

Излучатель имеет малое электрическое сопротивление (0,1–0,16 Ом в рабочем диапазоне температуры) и напряжение питания не выше 10 В. В результате этого исключается электрический пробой в вакууме при высоких температурах вследствие процессов массопереноса. Максимальная электрическая мощность излучателя 600 Вт.

Измерительный экран представляет собой плоскую алюминиевую пластину толщиной 6 мм, установленную параллельно фокальной плоскости зеркала на подшипниках скольжения, перемещающихся вдоль двух направляющих с помощью винта. На алюми-

ниевой основе закреплена пластина из термостойкой резины (выдерживает температуру до 573K), в которой выполнены отверстия для установки датчиков теплового потока. Ось центрального отверстия совпадает с оптической осью зеркала. Другие отверстия с шагом 10 мм располагаются по координатным осям: 17 отверстий (включая девятое центральное) на оси абсцисс и девять – на оси ординат в верхней полуплоскости. Между экраном и зеркалом установлена задвижка для прерывания потока от излучателя.

Для измерения полного потока излучения, падающего на измерительный экран, используется калориметр полного поглощения. Он устанавливается вместо измерительного экрана на те же направляющие. Охлаждающая экран вода подводится через гермовводы в барокамере.

В качестве приемников излучения использованы датчики теплового потока, представляющие собой медные цилиндрики (таблетки) диаметром 4 мм и высотой 2 мм, вмонтированные в резину измерительного экрана. С обратной стороны к поверхности каждой таблетки припаяна хромель-копелевая термопара с диаметром королька ~ 0,2 мм.

Принцип работы датчика основан на измерении скорости изменения температуры таблетки во времени. Плотность теплового потока, воспринимаемого датчиком в каждый момент времени, определяется по формуле

$$q(t) = C_p \frac{dT}{dt} \frac{M}{F} = \rho C_p \frac{dT}{dt} h, \quad (1)$$

где C_p – удельная изобарная теплоемкость меди; M – масса медной таблетки; $F = (\pi/4)d^2$ – площадь тепловоспринимающей поверхности таблетки; d – диаметр таблетки; ρ – плотность меди; h – высота таблетки. Соотношение (1) верно при малых значениях критерия Био $Bi < 0,1$ (с погрешностью не более 1% [4]). Практически в экспериментах выполнялось более жесткое условие, выражающееся в том, что перепад температуры по высоте цилиндра не превышал 0,1K, так как плотность теплового потока не превышала $2 \cdot 10^4$ Вт/м².

Другим необходимым условием является проведение измерений в регулярном режиме нагревания тела, т.к. только в этом режиме относительная скорость изменения температуры для любой точки на поверхности и в объеме тела одинакова. Регулярный режим наступает при числах Фурье $Fo = (a\tau/h^2) \geq 0,3$ с погрешностью менее 1% [4], где a – коэффициент температуропроводности меди. В нашем случае регулярный режим наступает через 0,01 с после начала подвода теплового потока. Таким образом, все условия для использования датчика теплового потока данной конструкции соблюдены.

Для повышения точности измерений термопары прошли специальный отбор с тем, чтобы разница между их показаниями не превышала 3K. Сигналы с термопар поступают на два 16-канальных измерительных модуля АЦП крейтовой системы LTC фирмы L-CARD. Предел приведенной погрешности измерений температуры этой системой составляет $\pm 0,031\%$. Дискретность выдачи данных по всем каналам равна 0,1 с.

Так как датчики закреплены в пластине из термостойкой резины, то можно пренебречь утечками тепла, так как коэффициент теплопроводности резины в 2000 раз меньше, чем у меди. Вся поверхность измерительного экрана, включая датчики теплового потока, зачернена сажей со степенью черноты 0,95–0,98, поэтому поглощается практически весь поток излучения, падающий на экран.

Температуру излучателя в процессе экспериментов определяли по его мощности. Для этого предварительно снимали градуировочную зависимость температуры излучателя от подводимой электрической мощности. Температура при градуировке измерялась оптическим пирометром ЭОП-66 с погрешностью $\pm(10-20)$ K в диапазоне 1073–2773 K.

Полный поток излучения, попадающего на измерительный экран, измеряли калори-

метром полного поглощения, который устанавливали на месте экрана. Калориметр представляет собой водяной холодильник, воспринимающая излучение поверхность которого зачернена сажей по той же технологии, что и измерительный экран. Мощность холодильника измеряли в установившемся режиме по расходу и подогреву охлаждающей воды с погрешностью $\pm 2,5\%$ для каждого фиксированного значения подводимой электрической мощности. Тепловое равновесие считали достигнутым, если скорость изменения температуры не превышала 5 K/ч .

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рисунке 4 приведено распределение плотности теплового потока по измерительному экрану при различных значениях температуры излучателя для двух случаев: с торцевыми отражателями в параболоцилиндрическом зеркале и без них (рис. 1). Видно, что отражатели увеличивают максимальную плотность теплового потока при температуре 2600 K примерно в полтора раза и почти не изменяют ее при более низких температурах.

Интегрируя распределение плотности потока излучения по выходному сечению зеркала (апертуре), можно найти поток излучения от зеркала и вычислить эффективность преобразования теплового излучения в направленный поток фотонов, поделив его на мощность излучателя. В зависимости от температуры и наличия отражателей эффективность изменялась в пределах $0,23\text{--}0,4$, т.е. была довольно низкой.

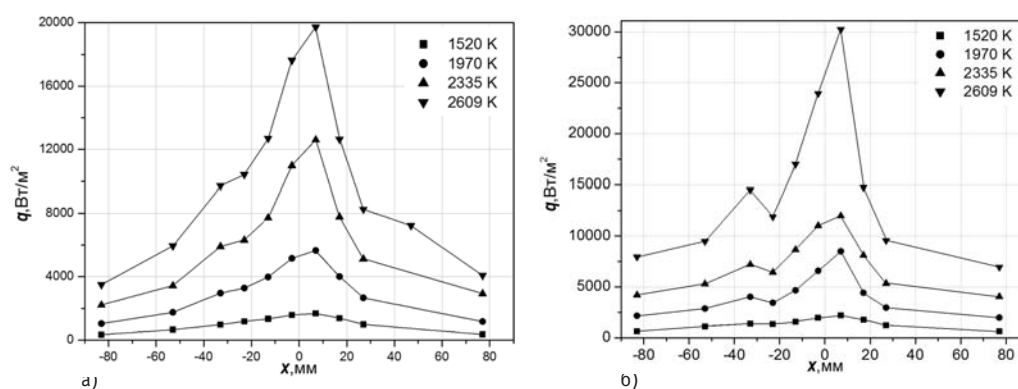


Рис. 4. Распределение плотности теплового потока на экране без отражателей (а) и с отражателями (б)

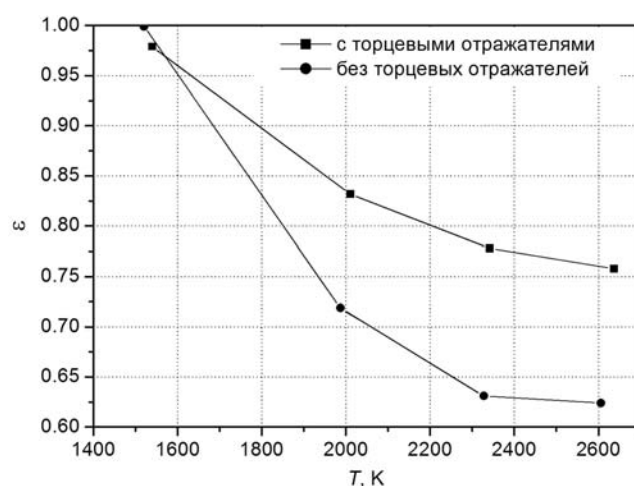


Рис. 5. Эффективность преобразователя в стационарных условиях

Это объясняется тем, что при нестационарных измерениях теплового потока часть

излучения тратится на разогрев зеркала и некоторых других деталей установки. Корректные измерения эффективности преобразования ϵ , выполненные с использованием калориметра, показали, что в установившихся условиях эффективность изменяется в пределах от 0,66 до единицы. Данные измерений приведены на рис. 5.

Параболический цилиндр бесконечной длины в направлении оси с линейным излучателем в виде нити аналогичен по эффективности концентрации излучения параболоиду вращения с точечным излучателем. Проведем сравнение экспериментальных данных (рис. 5) с данными табл. 1. Из рисунка видно, что при температуре 2700 К эффективность составляет около 0,75 (с торцевыми отражателями). Угол раскрытия этого зеркала равен 68° , т.е. немного больше $\pi/3$.

В таблице 1 (вариант 2) приводится эффективность преобразования $\epsilon = 0,889$. Если учесть реальную отражательную способность зеркала 0,975 и реальную степень черноты измерительного экрана 0,95 – 0,98, то указанная в таблице эффективность составит 0,823. Расхождение с экспериментом при этом не превысит 10%, и совпадение можно считать хорошим, так как в эксперименте имели место некоторые тепловые потери.

В первой серии опытов с дисковым излучателем (рис. 2, 3) исследовали поле излучения без зеркала. Измерительный экран помещали на расстоянии 37 мм от излучателя в параллельной ему плоскости. Измерения проведены при четырех значениях температуры излучателя. По формуле (1) определено распределение плотности потока излучения на измерительном экране, соответствующее каждой температуре излучателя. Эти данные приведены на рис. 6. Там же показаны сплошными линиями расчетные зависимости. Видно, что имеется удовлетворительное согласие между ними.

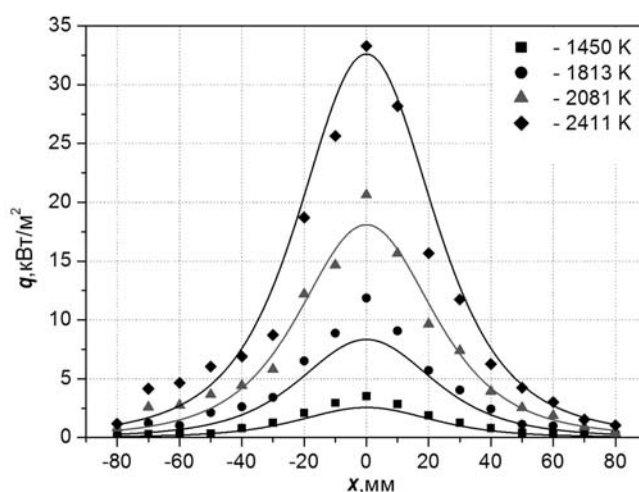


Рис. 6. Расчетное и экспериментальное распределения плотности потока излучения на расстоянии 37 мм от дискового излучателя без зеркал

В таблице 2 представлены расчетные и экспериментальные значения потока излучения на экране в круге диаметром 160 мм. Эти данные получены путем интегрирования расчетных и экспериментальных кривых распределений плотности потока излучения.

Интересно отметить, что с увеличением температуры излучателя доля полного потока излучения, падающего на экран, уменьшается по экспериментальным данным и является постоянной – по расчетным. Это свидетельствует о том, что при повышении температуры меняется зависимость энергетической яркости от направления излучения в полупространстве.

Вторая серия опытов проводилась после монтажа параболического зеркала. Фокальная плоскость зеркала совмещалась с плоскостью излучателя, плоскость измерительного экрана располагалась на таком же расстоянии 37 мм от плоскости излучателя, как

в первой серии опытов. Соответствующие распределения плотности потока излучения изображены на рис. 7.

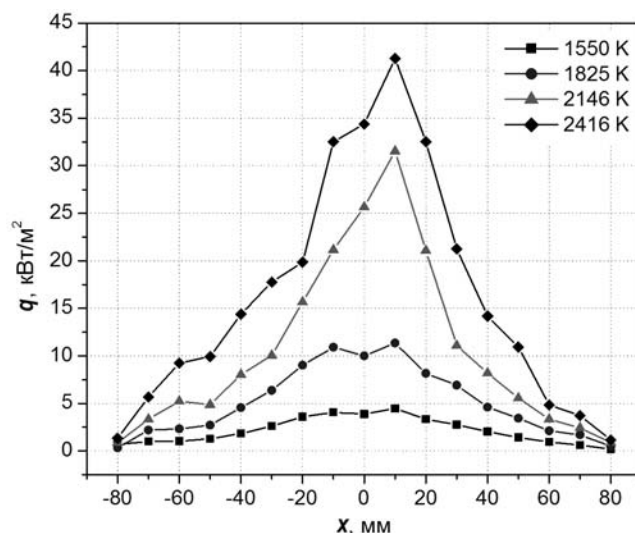


Рис. 7. Экспериментальное распределение плотности потока излучения на расстоянии 37 мм от дискового излучателя с параболическим зеркалом

Из сравнения рис. 6 и 7 видно, что установка зеркала привела к увеличению потока излучения, падающего на измерительный экран. Увеличились максимумы функций распределения (при более высоких температурах излучателя), области под графиками стали более заполненными.

В таблице 3 представлены поток излучения на экране в круге диаметром 160 мм при различных температурах и коэффициент концентрации излучения параболическим зеркалом, равный отношению потоков излучения от диска с зеркалом (табл. 3) и без него (табл. 2).

Таблица 2

Поток излучения, падающий на измерительный экран

Температура излучателя, К	Поток на экране, Вт		Полный поток, Вт	Доля полного потока		Электрич. мощность, Вт
	Расчет	Эксперимент		Расчет	Эксперимент	
1450	9,7	12,8	11,8	0,822	1,085	69,5
1813	31,6	38,3	38,5	0,821	0,995	168,3
2081	68,6	67,0	83,5	0,822	0,802	294,7
2411	123,7	110,9	150,5	0,822	0,737	530,6

Установка зеркала при прочих равных условиях приводит к примерно двукратному увеличению потока излучения от излучателя. Заметим, что полусферический поток излучения от диска меньше, чем значения, указанные в табл. 3. Следовательно, излучает также цилиндрическая поверхность токового коллектора из молибдена, хотя его температура существенно ниже температуры излучателя, зато поверхность в четыре раза больше.

Таким образом, параболическое зеркало достаточно эффективно концентрирует поток излучения от тепловой модели ядерного реактора. Средняя температура зеркала изменяется в диапазоне 376–502 К при соответствующем изменении температуры излучателя в диапазоне 1513–1940 К.

Таблица 3

Поток излучения с зеркалом и коэффициент концентрации

Температура излучателя, К	Поток излучения на экране, Вт	Электрическая мощность, Вт	Коэффициент концентрации
1550	29,0	90,4	2,27
1825	71,1	174,0	1,86
2146	133,2	333,2	1,99
2416	219,0	535,3	1,97

Измерения выполнены в нестационарном режиме. Для оценки эффективности использования энергии проведены измерения полусферического потока излучения, выходящего из апертуры зеркала (диаметр 155 мм) в состоянии теплового равновесия, когда подводимая энергия не тратится на изменение внутренней энергии тел, участвующих в теплообмене. Эффективность в этом случае равна отношению полусферического потока излучения к электрической мощности излучателя. На рисунке 8 приведен этот параметр в зависимости от температуры диска. Экспериментальные данные получены с помощью калориметра полного поглощения. Видно, что эффективность изменяется в диапазоне $\varepsilon = 0,68 - 0,82$ при изменении температуры излучателя от 1450 до 2400 К. Существенно немонотонный характер зависимости эффективности от температуры, по-видимому, связан с чувствительностью материалов излучателя (вольфрама) и отражателя (алюминия) к спектральному составу излучения.

Отметим для сравнения, что излучатель в виде диска с коническим рефлектором, представленный в табл. 1 (вариант 3), показывает значение эффективности 0,816, а с учетом поправок – на отражательную способность зеркала и степень черноты измерительного экрана – 0,768 при температуре 2700 К, что практически совпадает с большинством экспериментальных точек на рис. 8.

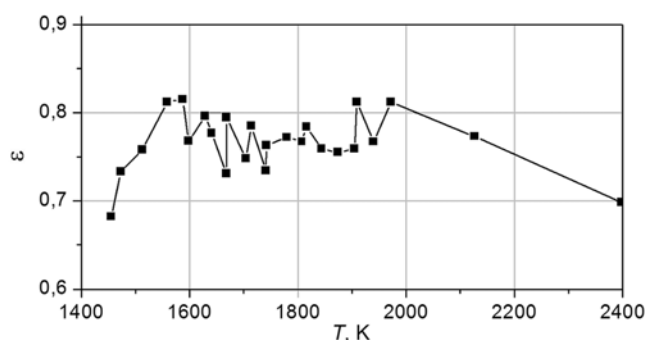


Рис. 8. Эффективность использования энергии

В экспериментах не были исключены тепловые потери, связанные с нагревом зеркала и его излучением с обратной стороны поверхности, а также с отводом тепла по металлоконструкциям. Эти потери можно уменьшить при более тщательной проработке конструкции и достичь более высокой эффективности преобразования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сравнение расчетных [1] и экспериментальных данных по эффективности преобразования показывает правомерность сравнительного анализа различных сочетаний излучателей и концентраторов излучения и возможность использования его результатов при дальнейших исследованиях и разработках. Показано, что может быть достигнута весьма высокая эффективность преобразования.

2. Дальнейшие исследования целесообразно направить на оптимизацию массогабаритных характеристик энергодвигательной установки в целом и на подбор наиболее подходящих материалов для такой установки.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Калужской области (проект № 04-02-97233)

Литература

1. Гулевич А.В., Кухарчук О.Ф., Логинов Н.И. и др. О преобразовании тепловой энергии ядерного реактора в энергию направленного потока электромагнитного излучения в ядерно-фотонном двигателе. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2013. – № 1. – С. 71–79.
2. Гулевич А.В., Зродников А.В., Иванов Е.А. и др. Применение ядерных фотонных ракет для исследования дальнего космоса. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2002. – № 2. – С. 54–62.
3. Блох А.Г. Основы теплообмена излучением. – М.: Госэнергоиздат. 1962.
4. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергия. 1975.
5. Гребер Г. и др. Основы учения о теплообмене. / Пер. с немецкого. – М.: Иностранная литература. 1958. С. 476.

Поступила в редакцию 13.03.2013

УДК 621.039.58

Method to accounting reliability of human-machine systems in NPP to decision-making, and the results of its application to the example of Balakovo NPP \ Yu.V. Volkov, A.V. Sobolev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 6 pages, 3 tables, 3 illustrations. – References, 9 titles.

This paper presents the method to accounting reliability of equipment, personnel and facilities when making management decisions. The method based on comparative analysis of reliability particular study object with the average values for Russian NPP. Presents the results of using the method for chosen as an example, Balakovo NPP.

УДК 539.182+544.1+14+930.85

At the 100 years anniversary of Bohr atom model \ V.V. Kharitonov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 4 pages, 1 illustrations. – References, 4 titles.

First planetary atom model was finding by Boris N. Chicherin (1828–1904) in Russia. In 1888–1889 Chicherin described this model in scientific review «Zhurnal Russkogo Fiziko-Himicheskogo Obshchestva». At 25 years after Niels Bohr developed the *Bohr model of the atom*, in which he proposed that energy levels of electrons are discrete, and that they revolve in stable orbits around the atomic nucleus, but can jump from one energy level (or orbit) to another.

УДК 621.039.546

Behavior of E125 alloy under high-temperature oxidation \ V.G. Asmolov, V.P. Smirnov, A.Yu. Leshchenko, I.V. Kuzmin, A.S. Pokrovsky, G.P. Kobylansky, D.V. Kharkov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 9 pages, 5 illustrations. – References, 8 titles.

The paper presents methods and results of studies into oxidation of the non-irradiated alloy E125 at 700–1100° C in a steam-argon medium. A comparative analysis of the data on the corrosion behavior of the E110 alloy and foreign Zr-2.5% Nb alloys has been carried out. Significant differences in the kinetic oxidation of the E125 and E110 alloys at 900 – 1000 ° C are revealed.

УДК 621.039.51

Verification of DYNCO code in HTGR core simulating \ M.V. Silin, A.V. Levchenko, O.A. Grigorieva; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 8 pages, 5 tables, 6 illustrations. – References, 4 titles.

The paper is concerned with results of verification of DYNCO code in neutronic HTGR core simulating. This verification is based on international benchmark. It is indicated that used DYNCO code can be applied for high-temperature reactors calculations and obtained by DYNCO results describe neutron characteristics with good agreement.

УДК 629.76:629.78

On the experimental study of the converters of thermal energy into the parallel photon beam \ A.V. Gulevich, O.F. Kukharchuk, N.I. Loginov, A.S. Mikheev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 9 pages, 3 tables, 8 illustrations. – References, 5 titles.

Present paper is a prolongation of the paper [1] devoted to the theoretical estimations of the direct conversion of thermal energy from the nuclear reactor into the energy of directional flow of infrared radiation. Experimental facilities constructed for the modeling of processes taking place in the systems concerned are described, and a certain part of results obtained is

presented. It is shown that efficiency of the direct conversion of the nuclear reactor thermal energy into the energy of directional flow light radiation can be high enough (80–90%).

УДК 629.039.58+331.44+316.6

Methodological principles of industrial enterprises personnels psychological education for work in high-risk conditions \ V.N. Abramova; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 9 pages, 1 table, 1 illustration. – References, 3 titles.

Traditionally at universities industrial enterprise workers competence is mainly developed in the sphere of professional knowledge and skills.

Professionally important personal qualities are paid less attention to whereas these qualities, motives, and relations not in the less predetermine specialists success or failure. Persons psychological training for professional knowledge application in high-risk conditions is particularly important. Psychological training methodology contains approaches, scientific methods, and methodology of functional and structural activity analysis, psychology of developing professionally important skills including professional motivation and mental attitude toward high culture safety and organizational culture.

УДК 621.039.543.6

Computational studies of global nuclear energy development under the assumption of the worlds heterogeneous development \ A.F. Egorov, V.V. Korobeynikov, E.V. Poplavskaya, G.A. Fesenko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 8 pages, 5 tables, 3 illustrations. – References, 4 titles.

We study the mathematical model of Global nuclear energy development until the end of this century. For comparative scenarios analysis of transition to sustainable nuclear energy systems, we use models of heterogeneous world with an allowance for specific national development. Selected models are closely to real picture of the World of the future, according to international experts. Global Model Scenarios by end of 2100 yr are interdependent and formulated in such a way that the total capacity of Nuclear Energy development in all scenarios was constant and equal. There are two options in this scenarios: 5000 GW for high and 2,500 GW for moderate by the end of 2100 yr.

УДК 621.039.526:621.039.59

Minor actinides incineration in neutron spectra of uranium-235 or plutonium fission \ G.L. Khorasanov, A.I. Blokhin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 8 pages, 4 tables, 1 illustration. – References, 10 titles.

In the paper with the aim to incinerate minor actinides (neptunium, americium and curium) the possible ways of increasing the mean energy of neutrons in nuclear power installations are considered. These ways may be following: the usage of slow moderating coolant from lead–208 in innovative fast reactors, optimization of core dimensions in critical and subcritical reactors, the usage of high enriched fuel and at last considering the possibility of minor actinides incineration in neutron spectra of uranium-235 or plutonium fission.

УДК 621.039.526:621.039.51

Special aspects of the initial fuel loading phase in BN-1200 reactor core \ I.V. Malysheva, A.N. Tsarapkina, V.A. Eliseev, A.V. Egorov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 6 pages, 1 table, 3 illustrations. – References, 4 titles.

Different methods are presented for excess reactivity reduction in the initial fuel loading