

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА ПРОДУКТОВ КОРРОЗИИ В КОНТУРАХ ЯЭУ С НАТРИЕВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

**В.В. Алексеев, А.С. Кондратьев**

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



Приведено описание модели процесса массопереноса примесей с учетом их химического взаимодействия в системе натрий-конструкционный материал-примеси. Получены данные для первого контура реактора БН-600 в номинальном режиме работы и в случае гипотетического повышения параметров установки, которые могут быть использованы для анализа безопасности установки.

**Ключевые слова:** массоперенос примесей, система натрий-кислород-хром, реактор на быстрых нейтронах БН-600, активная зона реактора, анализ безопасности установки.

**Key words:** mass transfer of impurities, system sodium-oxygen-chromium, fast breeder reactor BN-600, reactor core, facility safety analysis.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальной является задача создания перспективных ЯЭУ с натриевым теплоносителем. Для обеспечения требуемого уровня безопасности и безаварийной работы необходимо уметь моделировать перенос продуктов коррозии в первом контуре новых реакторов, имея уникальный опыт, приобретенный за 30 лет работы на реакторе БН-600.

Моделирование массопереноса продуктов коррозии в натриевых контурах ЯЭУ осуществляется с целью определения условий, обеспечивающих эффективное функционирование теплоносителя и конструкционных материалов, и в том числе определения допустимого повышения уровня температуры теплоносителя и содержания в нем примесей; получения количественных данных по выходу и накоплению твердофазных примесей в элементах гидравлического тракта и в газовых полостях натриевых контуров ЯЭУ.

Авторами разработана модель для оценки массопереноса продуктов коррозии в одномерном приближении для первого контура БН-600, а также для перспективных ЯЭУ с натриевым теплоносителем. В модели учитывается растворение и кристаллизация переносимой примеси в натрии, а также ее химическое взаимодействие. Элементы проточной части моделируются круглыми каналами. Используется лагранжева система координат при математическом описании процессов в каналах (т.е. система координат связана с потоком теплоносителя).

При расчетах массопереноса продуктов коррозии в натриевых контурах в случае повышенного содержания кислорода в натрии необходимо учитывать его химическое взаимодействие с компонентами конструкционных материалов, в первую очередь, с хромом.

В данной модели рассматривается массоперенос хрома в натрии с учетом образования системы натрий-кислород-хром.

Расчеты массопереноса хрома проведены для первого контура реактора БН-600 при массовом содержании кислорода в натрии 2, 10, 50, 100, 500 млн<sup>-1</sup>. Разработана система уравнений, описывающих рассматриваемый процесс, и соответствующий программный модуль для ее численного решения.

Вопросы моделирования массопереноса примесей в контурах с натрием рассмотрены в работах [1–3].

### **МАССОПЕРЕНОС ХРОМА С УЧЕТОМ ЕГО ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С КИСЛОРОДОМ**

В щелочных металлах с увеличением содержания растворенного в них кислорода наблюдается увеличение скорости коррозии сталей [4]. В случае загрязнения жидких металлов кислородом происходит его химическое взаимодействие с компонентами конструкционных материалов и самим жидким металлом. При этом процесс определяется степенью загрязнения кислородом, интенсивностью подвода или отвода примесей к поверхности раздела жидкий металл-конструкционный материал, видом и кинетикой протекающих химических реакций, формированием и удержанием защитных пленок на поверхности конструкционного материала.

В контурах из хромоникелевой нержавеющей стали при определенных содержании кислорода в натрии и температуре образуются наряду с оксидом натрия Na<sub>2</sub>O соединения кислорода и натрия с элементами конструкционных материалов Na<sub>4</sub>FeO<sub>3</sub> и NaCrO<sub>2</sub>.

Условия образования соединения NaCrO<sub>2</sub> на поверхности хромоникелевой нержавеющей стали исследованы в работе [5]. Получена зависимость для определения границы стабильности NaCrO<sub>2</sub> на поверхности стали в виде

$$\lg c = -3326/T + 4,51 - 0,5 \lg(a(\text{Cr})),$$

где  $c$  – концентрация кислорода в натрии, млн<sup>-1</sup>;  $a(\text{Cr})$  – активность хрома в стали;  $T$  – температура, К. В соответствии с этой зависимостью для стали AISI 316 ( $a(\text{Cr}) = 0,4$ ) соединение NaCrO<sub>2</sub> стабильно не выше температуры 600°C при  $c \approx 8$  млн<sup>-1</sup>.

Известных литературных данных недостаточно, чтобы получить численные оценки массопереноса продуктов коррозии в неизотермическом натриевом контуре с повышенным содержанием кислорода. В частности, отсутствуют данные по кинетике реакций образования двойных оксидов и их растворимости в натрии.

В разработанных нами ранее моделях не учитывалось влияние кислорода на процессы массопереноса в натриевых контурах.

В представленной модели рассматривается массоперенос хрома в натрии с учетом образования двойного оксида в системе натрий-кислород-хром и протекания следующей реакции в теплоносителе:



Полагаем, что кислород в натрии находится в форме Na<sub>2</sub>O. Другими реакциями оксида натрия пренебрегаем. Выбор хрома оправдан по следующим причинам: во-первых, термодинамически наиболее вероятна реакция хрома с кислородом по сравнению с другими основными элементами, входящих в состав конструкционного материала, и, во-вторых, хром присутствует в системе натрий-кислород-кон-

струкционный материал в значительном количестве (до десятков процентов в конструкционном материале).

Константа равновесия реакции (1) выражается через активности соответствующих компонентов:

$$K = \frac{a(\text{NaCrO}_2) \cdot a(\text{Na})^3}{a(\text{Cr}) \cdot a(\text{Na}_2\text{O})^2}. \quad (2)$$

Кинетическое уравнение этой реакции, если рассматривать изменение концентрации  $\text{NaCrO}_2$ , выражается зависимостью

$$\left( \frac{dc(\text{NaCrO}_2)}{d\tau} \right)_p = K^{\rightarrow} c(\text{Cr}) c(\text{Na}_2\text{O})^2 - K^{\leftarrow} c(\text{NaCrO}_2) c(\text{Na})^3. \quad (3)$$

Индекс «р» здесь указывает на изменение концентрации сложного оксида за счет реакции (1).

Учитывая, что константа равновесия исходной реакции  $K = K^{\rightarrow}/K^{\leftarrow}$  и конвективный перенос растворенного сложного оксида в натрии, получим изменение его концентрации в теплоносителе в мольных долях:

$$\frac{dc(\text{NaCrO}_2)}{d\tau} = K^{\rightarrow} \left( c(\text{Cr}) c(\text{Na}_2\text{O})^2 - \frac{c(\text{NaCrO}_2)}{K} \right) + 4\chi_{ox} \left( \frac{c(\text{NaCrO}_2)_w - c(\text{NaCrO}_2)}{D_k} \right), \quad (4)$$

где  $D_k$  – диаметр канала, м;  $\chi_{ox}$  – коэффициент массоотдачи сложного оксида от стенки канала, м/с; индекс «w» характеризует пристеночные значения концентраций.

Изменение концентрации хрома в натрии в дифференциальном виде с учетом его конвективного переноса в канале получим также в мольных долях:

$$\frac{dc(\text{Cr})}{d\tau} = - \left( \frac{dc(\text{NaCrO}_2)}{d\tau} \right)_p + 4\chi_x \left( \frac{c(\text{Cr})_w - c(\text{Cr})}{D_k} \right). \quad (5)$$

Аналогично для изменения концентрации кислорода (в форме оксида) в натрии получено выражение

$$\frac{dc(\text{Na}_2\text{O})}{d\tau} = 2 \left( \frac{dc(\text{NaCrO}_2)}{d\tau} \right)_p + 4\chi_o \frac{c(\text{Na}_2\text{O})_w - c(\text{Na}_2\text{O})}{D_k}. \quad (6)$$

Для замыкания полученной системы уравнений определяются пристеночные концентрации компонентов исходя из следующих соображений. Поскольку концентрация оксида натрия существенно превышает концентрации остальных компонентов в растворе (на несколько порядков) можно принять

$$c(\text{Na}_2\text{O})_w = c(\text{Na}_2\text{O}). \quad (7)$$

Пристеночная концентрация хрома  $c(\text{Cr})_w$  рассчитывается на основании баланса потоков хрома:

1) поступающего из стали через слой сложного оксида на ее поверхности в натрий

$$J_{ox} = \frac{K_{ox}(a_{ст} - a_w)}{\delta}; \quad (8)$$

2) выносимого в поток натрия за счет конвекции

$$J_{ox} = \chi_x (c(\text{Cr})_w - c(\text{Cr})), \quad (9)$$

где  $K_{ox}$  – коэффициент проницаемости хрома в двойном оксиде, кг/м·с;  $\delta$  – толщина слоя двойного оксида, м;  $a_{ст}$  – активность хрома в стали;  $a_w$  – активность хрома в натрии в пристеночной области.

Совместно решая (8) и (9) с учетом соотношения

$$c(\text{Cr})_w = c(\text{Cr})_s a_w, \quad (10)$$

получим

$$c(\text{Cr})_w = \frac{c(\text{Cr})_s (qa_{\text{Cr}} + pc(\text{Cr}))}{q + pc(\text{Cr})_s}, \quad (11)$$

где

$$q = \frac{K_{\text{ox}}}{\delta}, \quad (12)$$

$$p = \chi_{\text{Na}} \frac{\mu_{\text{Cr}}}{\mu_{\text{Na}}}, \quad (13)$$

$\mu_{\text{Cr}}$  и  $\mu_{\text{Na}}$  – молекулярные массы хрома и натрия, г/моль;  $c(\text{Cr})_s$  – концентрация насыщения хрома в натрии, м.д.

Концентрация двойного оксида в пристеночном слое определяется на основании уравнения (2), записанного для соответствующих условий:

$$c(\text{NaCrO}_2)_w = K \cdot c(\text{NaCrO}_2)_s \frac{c(\text{Cr})_w}{c(\text{Cr})_s} \left( \frac{c(\text{Na}_2\text{O})}{c(\text{Na}_2\text{O})_s} \right)^2, \quad (14)$$

где  $c(\text{Na}_2\text{O})_s$  – концентрация насыщения оксида натрия в натрии, м.д.

Коэффициент  $K$  определяется исходя из известной критериальной зависимости тепломассообмена:

$$\text{Nu}_d = 5 + 0,025 \cdot \text{Pe}_d^{0,8}, \quad (15)$$

где  $\text{Pe}_d = \frac{U \cdot D_k}{D_i}$ .

$$\chi_i = \frac{\text{Nu}_d \cdot D_i}{D_k}, \quad (16)$$

где  $D_i$  – коэффициент диффузии примеси в теплоносителе (здесь индекс  $i$  характеризует вид примеси).

Константа равновесия (2)

$$K = \exp \left( -\frac{\Delta G^0}{RT} \right). \quad (17)$$

Решение представленной системы уравнений позволяет рассчитать распределение растворенных компонентов в натрии по ходу течения теплоносителя в контуре. Кроме того, учитывая превышение поступления компонентов в натрий над пределом их растворимости в нем, оценивается производительность источника дисперсной фазы в потоке теплоносителя.

Во второй части математического описания процесса массопереноса кислорода и хрома в натриевом контуре представлены зависимости, характеризующие поведение образующейся дисперсной системы [3].

Замыкающие соотношения включают в себя уравнения, описывающие массообмен между частицей и турбулентным потоком жидкости, потоком теплоносителя и стенками каналов, отложение частиц на поверхность каналов, теплообмен между потоком теплоносителя и стенками каналов.

## ЗАДАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТ ДЛЯ ХРОМА

Расчеты массопереноса хрома проводятся для первого контура реактора БН-600, схема которого представлена на рис. 1.

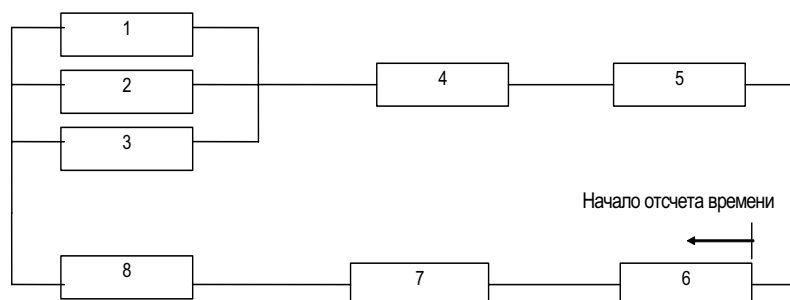


Рис. 1. Схема гидравлического тракта первого контура реактора (БН-600), в скобках указано время пребывания теплоносителя в соответствующем участке: 1 – активная зона (0,52 с); 2 – зона воспроизводства (1,89 с); 3 – хранилище (9,12 с); 4 – верхняя камера (5,28 с) + смесительная камера (6,05 с) + коллектор ПТО (0,63 с); 5 – ПТО (6,63 с); 6 – коллектор ПТО (0,63 с) + сливная камера ПТО (18,03 с) + всасывающая камера насоса (7,34 с); 7 – напорный трубопровод (1,10 с); 8 – напорный коллектор (1,59 с)

- Выделен гидравлический тракт с циркуляцией основной массы теплоносителя (не менее 94% от максимального расхода по контуру).
- Замкнутый контур условно разбивается на ряд участков, характеризующихся постоянными геометрическими и гидродинамическими параметрами.
- Все участки контура моделируются отрезками прямой круглой трубы.

Таблица 1

### Значения констант для расчета массопереноса хрома в натриевом контуре

Параметр	Обозначение	Размерность	Значение параметра или расчетная зависимость	Источник
Константа скорости реакции образования двойного оксида	$K^{\rightarrow}$	$1/(\text{м.д.}^2 \cdot \text{с})$	$10^8 \cdot \exp(0,477/10 \cdot (T-823))$	*
Концентрация насыщения двойного оксида в натрии	$c(\text{NaCrO}_2)_s$	м.д.	$5 \cdot 10^{-16}$	*
Концентрация насыщения хрома в натрии	$c(\text{Cr})_s$	млн <sup>-1</sup>	$\exp(16,2-20746/T)$	[3]
Активность хрома в стали	$a_{\text{Cr}}(\text{Cr})$	–	0,6	[8]
Коэффициент диффузии хрома в натрии	$D_i$	м <sup>2</sup> /с	$10^{-8}$	*
Изобарно-изотермический потенциал реакции образования двойного оксида	$\Delta G^0$	Дж/моль	$-35539-76,9 T$	[9]
Коэффициент диффузии хрома в двойном оксиде	$D_{\text{ox}}$	м <sup>2</sup> /с	$10^{-18}$	*
Константа скорости кристаллизации или селективного растворения	$\beta_k$	м/с	$3 \cdot 10^{-4}$	[3]
Коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности	$Kr$	–	2	[3]

\* – экспертная оценка авторов.

- Используется лагранжева система координат при математическом описании процессов (т. е. система координат связана с потоком теплоносителя).

- Определены время прохождения теплоносителя в каждом участке контура, геометрические параметры, гидродинамические и температурные режимы на каждом участке.

Разработан программный модуль для численного решения представленной выше системы уравнений. Значения констант (табл. 1) приняты нами в первом приближении исходя из накопленного опыта по расчету физико-химических процессов в системах натрий-конструкционный материал-примесь, предварительных оценок и сравнения полученных данных с результатами известных экспериментальных исследований:

- концентрация насыщения двойного оксида хрома в натрии;
- константа скорости реакции образования двойного оксида хрома;
- коэффициент диффузии хрома в двойном оксиде;
- константа скорости кристаллизации или селективного растворения хрома.

Считается, что поверхность контура, омываемая натрием, покрыта пленкой двойного оксида  $\text{NaCrO}_2$  толщиной 2,5 мкм. Данное значение принято исходя из опыта работы с оборудованием натриевых контуров в ГНЦ РФ-ФЭИ.

По результатам расчетов проведено сравнение с известными экспериментальными данными по образованию двойного оксида на поверхности стали в контуре, определены концентрации в потоке по длине контура и рассчитаны потоки компонентов реакции на поверхность стенки. Оценки роста отложений и селективного выхода хрома из стали в критических точках позволяют судить о безопасности работы натриевых контуров в рассматриваемых условиях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПЕРЕНОСА ХРОМА

Расчеты массопереноса хрома проведены для первого контура реактора БН-600 с концентрациями кислорода в натрии 2, 10, 50, 100, 500 млн<sup>-1</sup>.

В таблице 2 приведены результаты расчета потока двойного оксида натрия ( $\text{NaCrO}_2$ ) на стенку активной зоны в зависимости от концентрации кислорода в натрии при разной температуре.

Из таблицы видно, что при увеличении концентрации кислорода в натрии с 2 до 10 ppm скорость роста отложений в виде двойного оксида натрия ( $\text{NaCrO}_2$ ) в экстремальной точке активной зоны (на выходе) возрастает в шесть раз, что при номинальных режимах (550°C) не опасно для эксплуатации. При увеличении температуры теплоносителя на выходе из активной зоны на 100°C за небольшой период эксплуатации реактора может произойти забивание проходного сечения активной зоны, что безусловно приведет к аварийным ситуациям.

Таблица 2

### Поток двойного оксида натрия ( $\text{NaCrO}_2$ ) на стенку, мкм/год, активная зона

Концентрация, ppm	550°C	650°C	750°C	850°C	950°C
2	0,641	7,95	43,1	73,4	127
10	3,54	40,7	83	112	532
50	29,0	83,5	115	355	3820
100	45,7	99,7	128	821	5890
500	83,9	124	238	5800	15400

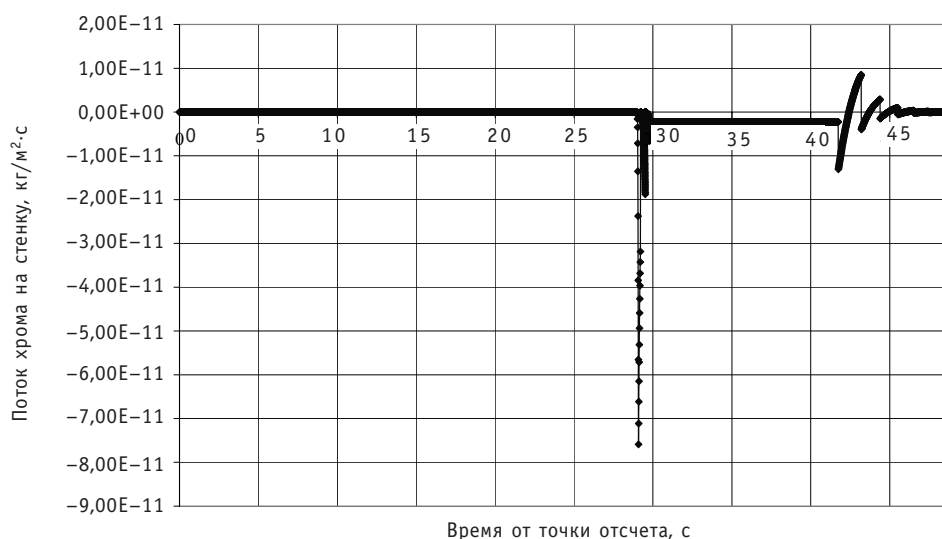


Рис. 2. Распределение потоков хрома по длине первого контура реактора БН 600 в номинальном режиме работы

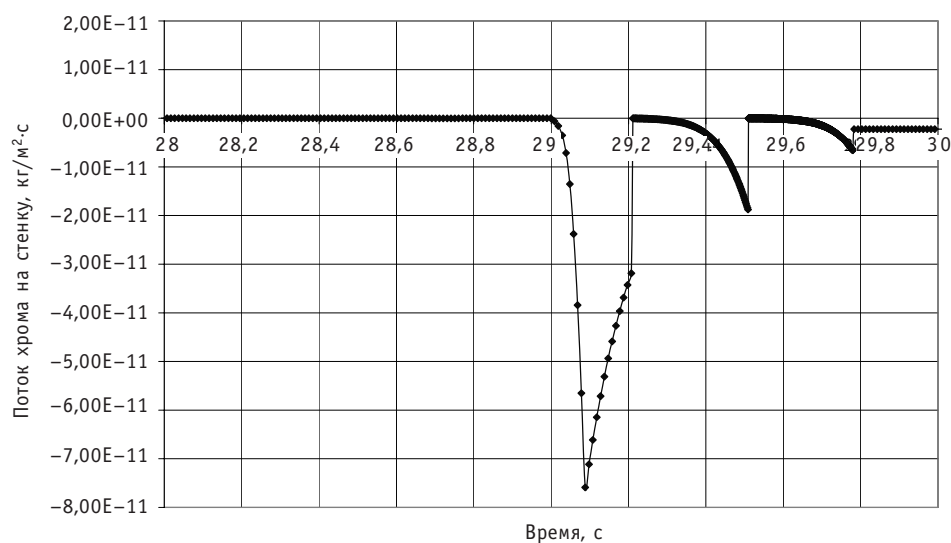


Рис. 3. Распределение потоков хрома по длине первого контура реактора БН 600 в номинальном режиме работы (фрагмент рис. 2)

Относительный шаг расположения твэлов в сборке в БН-600  $s/d=1,17$  при диаметре твэла  $d=6,9$  мм, при этом зазор между твэлами в узком сечении составляет 1170 мкм. Из таблицы 2 видно, что расчетная величина годовых отложений заметно превышает величину межтвэльных зазоров при некоторых условиях (при значительных превышениях концентрации кислорода и температуры выше номинальных). Кроме того, с учетом двухстороннего роста отложений в зазорах табличные данные необходимо удвоить.

Далее на рисунках представлено распределение потоков хрома и двойного оксида натрия  $\text{NaCrO}_2$  в виде взвеси на стенку по длине контура (характеризуется временем прохождения теплоносителя по контуру).

Как видно из приведенного сравнения, в целом по контуру данные, полученные по расчетам, отличаются от данных работы Н.Д. Краева и др. [7] не более чем

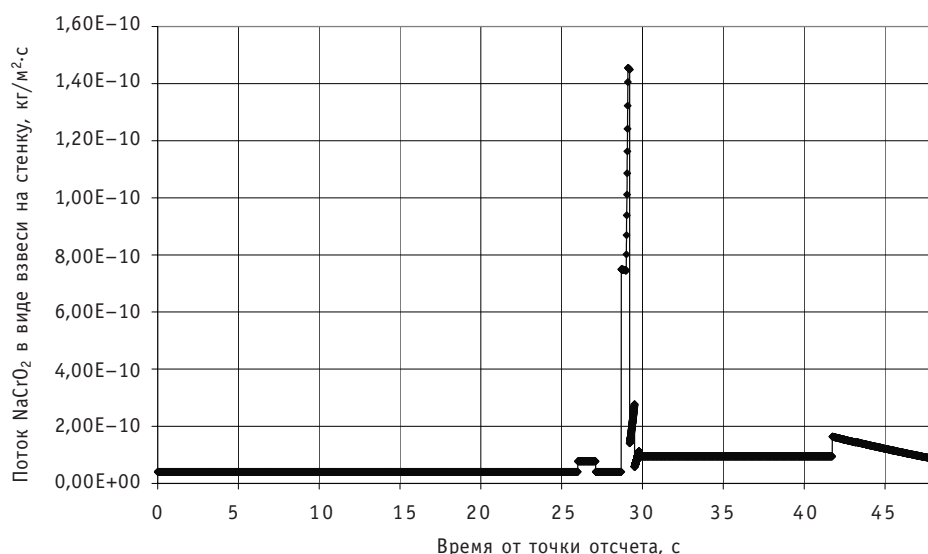


Рис. 4. Распределение потоков двойного оксида натрия ( $\text{NaCrO}_2$ ) по длине первого контура реактора БН 600 в номинальном режиме работы

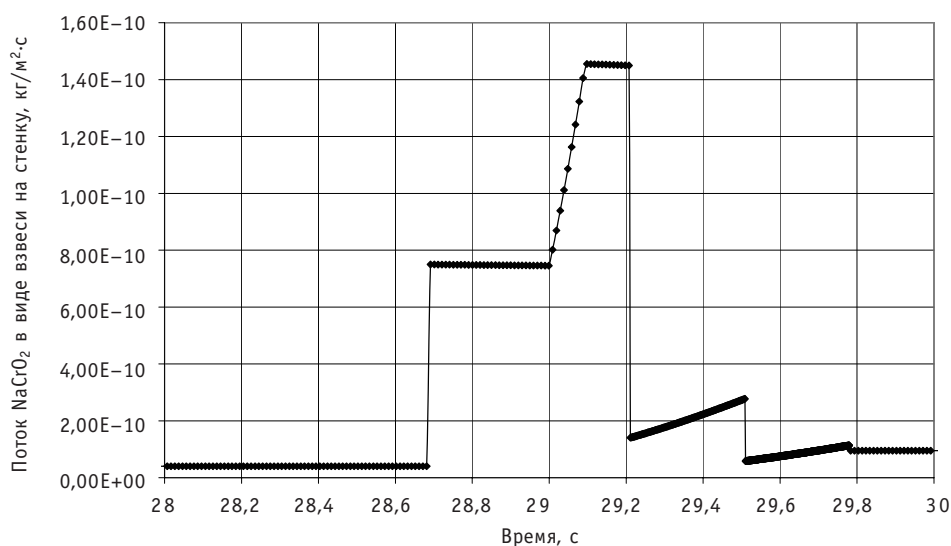


Рис. 5. Распределение потоков двойного оксида натрия ( $\text{NaCrO}_2$ ) по длине первого контура реактора БН 600 в номинальном режиме работы (фрагмент рис. 4)

на 5%. В активной зоне, где скорость теплоносителя достигает 8 м/с, расчетные данные отличаются от экспериментальной формулы работы [7] примерно в четыре раза ввиду того, что рассчитанная скорость коррозии по этой формуле при скоростях теплоносителя больше 3 м/с не изменяется.

## ВЫВОДЫ

Представлены результаты разработки математической модели массопереноса хрома в контурах с жидкометаллическими теплоносителями, на основе которой написана расчетная программа. Результаты расчетов свидетельствуют о соответствии расчетных и экспериментальных данных по переносу продуктов коррозии в первом контуре реактора на быстрых нейтронах БН-600. Это подтверждает дос-



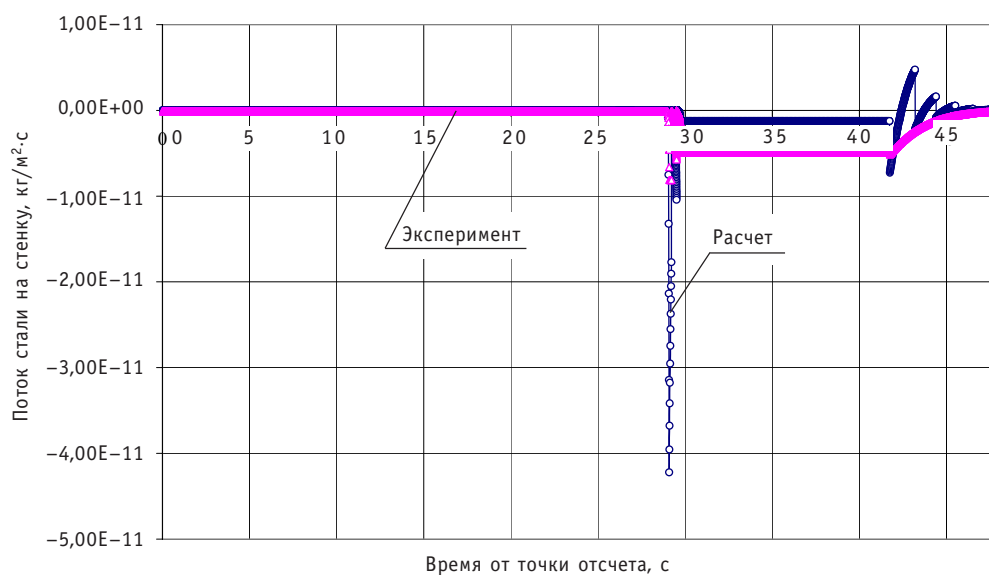


Рис. 6. Распределение суммарного потока компонентов стали по длине первого контура реактора БН-600 в номинальном режиме работы

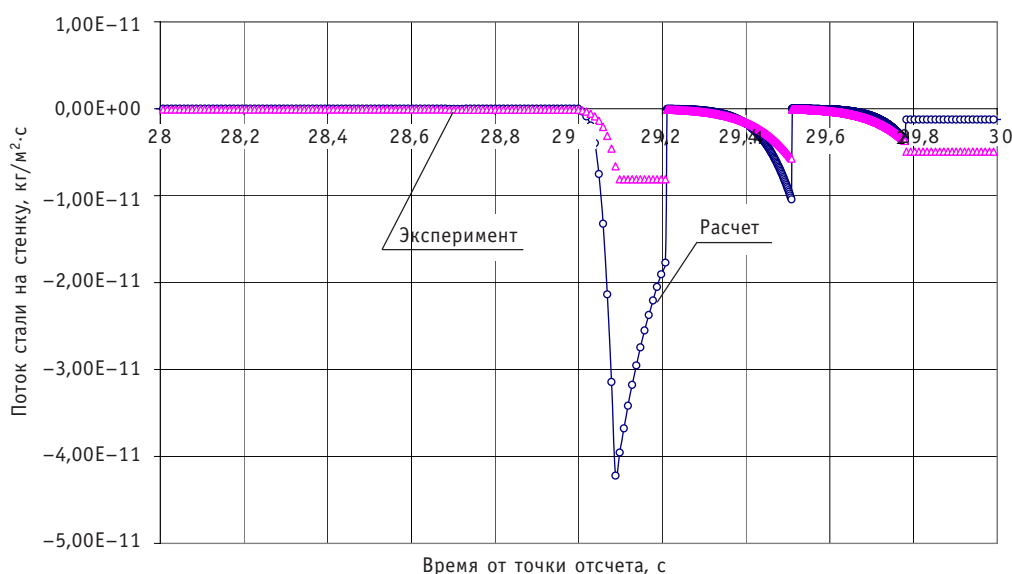


Рис. 7. Распределение суммарного потока компонентов стали по длине первого контура реактора БН-600 в номинальном режиме работы (фрагмент рис. 6)

товерность модели и работоспособность программы. Получены новые данные по переносу продуктов коррозии для расширенного диапазона температуры и концентрации кислорода в натрии, демонстрирующие существование ограничений по допустимой температуре первого контура.

Описанный подход может быть использован для расчета массопереноса других компонентов стали (железа, никеля, титана) в натриевом теплоносителе. Использование предложенных авторами и реализованных в программе методов расчета особенно важно для анализа работы контуров с натриевым теплоносителем применительно к новым проектам перспективных ЯЭУ.

### **Литература**

1. *Алексеев В.В., Козлов Ф.А., Загорулько Ю.И. и др.* Исследование динамики поведения взвесей в натриевых контурах быстрых реакторов/Препринт №2576. – Обнинск: ГНЦ РФ-ФЭИ, 1996.
2. *Алексеев В.В., Козлов Ф.А., Загорулько Ю.И., Краев Н.Д.* Исследование массопереноса никеля и хрома в неизоотермическом участке циркуляционного натриевого контура/Препринт №2666. – Обнинск: ГНЦ РФ-ФЭИ, 1997.
3. *Алексеев В.В.* Массоперенос трития и продуктов коррозии конструкционных материалов в контурах с натриевым теплоносителем: дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук. – Обнинск, 2002.
4. *Никитин В.И.* Физико-химические явления при воздействии жидких металлов на твердые. – М.: Атомиздат, 1967.
5. *Nicholas M.G., Cavell I.W.* Materials Development Division, A.E.R.E/Proc. Second Int. Conf. on Liquid Metal Technology in Energy Production, 20-24 April 1980, Richland/CONF-800401. – P. 3-35 – 3-41
6. *Gnanasekaran and C.K. Mathews* (IGCAR, INDIA) Studies on Na-M-O (M=Fe, Ni) systems and measurements of thermodynamic properties/V. Ganesan, R. Sridharan, T./Proc. of Fourth Int. Conf. on Liquid Metal Engineering and Technology. 17-21 October 1988, Avignon – France (Tome 3. – P.533-1 – 533-8)
7. *Краев Н.Д., Старков О.В., Журавлев Т.С., Конов Е.С.* Коррозионная стойкость конструкционных материалов в натриевом теплоносителе//ВАНТ. Серия АМ. – 1986. – Вып. 1 (21).
8. *Hooper A.J.* The Sodium Compatibility of 9Cr-1Mo Ferritic Steel/Proc. Second Int. Conf. on Liquid Metal Technology in Energy Production, 20-24 April 1980, Richland/CONF-800401. – P. 7-35 – 7-44.
9. *Shaiv B.J., Wu P.C.S., Chiotti P.* Thermodynamic Properties of the Double Oxides of Cr, Ni and Fe// J. Nucl. Mater. – 1977. – V. 67. – P. 13-23.

Поступила в редакцию 16.07.2010

**УДК 621.039.51**

*Enhancement TRU Proliferation Resistans through Gamma Buildup from Rare Earths* \A.I. Dyachenko, V.V. Artisyuk, S.N. Filimonov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 9 pages, 3 tables, 5 illustrations. – References, 15 titles.

his paper deals with analysis of radiation barriers to reduce the attractiveness of transuranic materials from the view of nonproliferation. The barrier is formed by doping of rare earth gamma emitters. The selection of appropriate rare earth nuclides was the main focus of the present paper. The quantitative requirements for the presence of rare earth nuclide impurities to form barriers formulated, taking into account the existing criteria for evaluating security.

**УДК 621.039.543.6**

*Comparative Analysis of Fission Materials for Uranium-Plutonium and Thorium-Uranium Cycles on Nonproliferation Criteria* \V.V. Korobeynikov, B.B. Tikhomirov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 10 pages, 10 tables, 3 illustrations. – References, 15 titles.

The approaches to estimation of relative attractiveness of materials on the base of uranium-233 in thorium cycle with proliferation risk point of view are studied. Preliminary assessment of relative attractiveness for uranium-233 on the base approach developed for plutonium fuel was executed. It was shown that attractiveness depends from uranium-232 content and time of cooling very strong. Findings were compared with analogue characters of materials using in uranium-plutonium fuel cycle.

**УДК 621.039.1**

*Prospectives of Nuclear Industry Development in Siberia. Ecology, Safety, Economics* \V.I. Boyko, F.P. Koshelev, G.M. Pshakin, O.V. Selivanikova; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 10 pages, 3 tables. – References, 24 titles.

Rosatom projects for Krasnoyarsk, Tomsk and Irkutsk regions are briefly analyzed. Special attention is paid to construction of Seversk NPP in Tomsk region. Necessity and principles for construction of NPP are argument. Estimations of severe accident consequences alternative (using coal, natural gas or other type of fuel) electricity production plant same capacity (2300 MWe) were done.

**УДК 621.039.534.63**

*Modelling of Mass Transfer of Corrosion Products in the Circuit of NPP with Sodium Coolant* \V.V. Alexeev, A.S. Kondratiev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 10 pages, 2 tables, 7 illustrations. – References, 9 titles.

The article describes the process model of mass transfer of impurities according to their chemical interactions in the system sodium – structural material – impurity. The data for the primary circuit of reactor BN-600, both for the nominal mode, and for the cases of a hypothetical accident with increasing facility parameters. The data obtained can be used to perform the safety analysis of facility.

**УДК 621.039.58:536.423**

*Calculation and Experimental Study of Noncondensable Gases Influence on the Operation of VVER Steam Generator Model in Condensation Mode in the Event of the Beyond Design Basis Accident* \A.A. Zaytsev, D.S. Kalyakin, A.A. Lukyanov, A.V. Morozov, T.V. Popova, O.V. Remizov, O.V. Supotnitskaya, A.A. Tsyganok; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 11 pages, 9 illustrations. – References, 5 titles.

The results of calculation and experimental study of the influence of noncondensable gases on the operation of VVER steam generator model in condensation mode are presented. The experiments have been performed at the GE2M-PG large-scale facility under conditions of natural circulation of the first and second circuits for the vapor pressure of the first circuit 0.36 – 0.38 MPa. Numerical simulation of the experiments was conducted using the computer code KUPOL-M. As a result of work the experimentally determined the effect of noncondensable gases on the condensation power of the steam generator model and found that the computer code KUPOL-M satisfactorily simulates the process under investigation.