

## КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ АКТИВНЫХ ЗОН РОССИЙСКИХ БЫСТРЫХ РЕАКТОРОВ. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.С.Агеев, Ю.П.Буданов, А.Г. Иолтуховский,  
М.В.Леонтьева-Смирнова, Н.М.Митрофанова, А.В.Целищев,  
И.А. Шкабура  
*ФГУП ВНИИНМ, г. Москва*



В статье рассматриваются используемые и перспективные классы и марки сталей, применяемые и планируемые для использования в качестве материала оболочек твэлов реакторов БН. Показаны особенности аустенитных хромоникелевых и ферритно-мартенситных сталей. Для достижения более высоких, чем достигнутые, выгораний топлива аустенитные стали могут оказаться непригодными из-за их распухания. Более перспективными считаются практически «нераспухающие» ферритно-мартенситные хромистые стали. Для обеспечения достижения повреждающей дозы на твэл ~180 сна во ФГУП ВНИИНМ разрабатываются, с использованием методов порошковой металлургии, дисперсно-упрочненные 12-процентные хромистые стали (ДУО-стали).

**Ключевые слова:** выгорание, оболочка, повреждающая доза, порошковая металлургия, распухание, сталь.

**Key words:** burnup, cladding, damage dose, powder metallurgy, swelling, steel.

### ВВЕДЕНИЕ

Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. предусматривает постепенный ввод новой ядерной технологии на быстрых нейтронах с замыканием ядерного топливного цикла с МОКС-топливом [1]. Дальнейшее развитие атомной энергетики потребует включения в структуру мощностей АЭС быстрых реакторов. В России на Белоярской АЭС с 1980 г. эксплуатируется единственный в мире промышленный реактор на быстрых нейтронах БН-600. В 2012 г. планируется пуск в эксплуатацию 4-го энергоблока Белоярской АЭС с быстрым реактором БН-800. Идет разработка коммерческого натриевого быстрого реактора БН-1800 [2].

В настоящее время для реакторов типа БН в качестве перспективных конструкционных материалов для поэтапного повышения выгорания топлива рассматриваются стали аустенитного и мартенситного классов, включая полученные методом порошковой металлургии (ДУО-стали) [3].

---

© В.С.Агеев, Ю.П.Буданов, А.Г. Иолтуховский, М.В.Леонтьева-Смирнова,  
Н.М.Митрофанова, А.В.Целищев, И.А. Шкабура, 2009

## АУСТЕНИТНЫЕ ХРОМОНИКЕЛЕВЫЕ СТАЛИ

Главной причиной, сдерживающей повышение выгорания топлива при использовании аустенитных сталей для оболочек твэлов, является их значительное распухание. Это, в свою очередь, обуславливает деградацию кратковременных и длительных механических свойств оболочек.

В качестве базовой для разработки новых сталей аустенитного класса была взята ранее разработанная и хорошо изученная сталь ЭИ847 (табл.1). Она была модифицирована бором (0,005–0,008%) – сталь ЭП172 [3]. На основе стали ЭИ847 была разработана еще одна сталь ЧС68, легированная, помимо бора, также кремнием и титаном – элементами, положительно влияющими на радиационное поведение стали.

Таблица 1

### Химический состав аустенитных нержавеющей сталей [3]

Сталь	Содержание элементов, % масс.											
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	Ti	V	B	P	Ce
ЭИ847	0.04–0.06	<0.4	0.4–0.8	15.0–16.0	15.0–16.0	2.7–3.2	<0.9	–	–	–	<0.02	–
ЭП172	0.04–0.07	<0.6	0.5–0.9	15.0–16.5	14.5–16.0	2.5–3.0	0.35–0.90	–	–	0.003–0.008	<0.02	–
ЧС68	0.05–0.08	0.3–0.6	1.3–2.0	15.5–17.0	14.0–15.5	1.9–2.5	–	0.2–0.5	0.1–0.3	0.002–0.005	<0.02	–
ЭК164	0.05–0.09	0.3–0.6	1.5–2.0	15.0–16.5	18.0–19.5	2.0–2.5	0.1–0.4	0.25–0.45	0.15 расч.	0.001–0.005	0.010–0.030	0.15 расч.

Новая сталь рассматриваемого класса ЭК164 имеет более высокое содержание никеля и комплексно легирована титаном, ниобием, ванадием, бором, кремнием, фосфором и церием [4].

Ионное облучение сталей ЭП172 и ЭК164 в идентичных условиях показало, что распухание первой в четыре раза выше.

Разработка радиационно стойких сталей ведется с учетом следующих структурных факторов, контролирующих распухание [5–7]:

- твердорастворный фактор, определяемый концентрацией в твердом растворе матрицы легирующих (прежде всего, Ni) и примесных элементов (C, Nb, Ti, B, Si и др.), которые формируют комплексы «точечный дефект-примесь» с измененными характеристиками диффузии;
- фактор фазовой нестабильности, проявляющийся в образовании частиц выделений, природа, состав, объемная доля, морфология и локализация которых во многом определяют процесс зарождения и роста пор;
- дислокационный фактор, когда холодная деформация (15–30%) увеличивает плотность дислокационных стоков точечных дефектов и позволяет существенно задержать начало интенсивного образования пор.

Структурные факторы, контролирующие распухание, определенным образом взаимосвязаны и оказывают влияние друг на друга. Поэтому задача повышения радиационной стойкости аустенитных сталей является оптимизационной задачей. Результаты послереакторных исследований [8] показали, что подход, основанный на использовании указанных факторов, позволил существенно снизить распухание аустенитных сталей (рис. 1). По результатам исследований в качестве штатного материала оболочки твэла реактора БН-600 с 1989 г. была рекомендована сталь ЧС68 х.д.

Анализ данных по распуханию оболочек твэлов из стали ЧС68 х.д. на разных стадиях освоения этого материала показал, что все данные распадаются на два

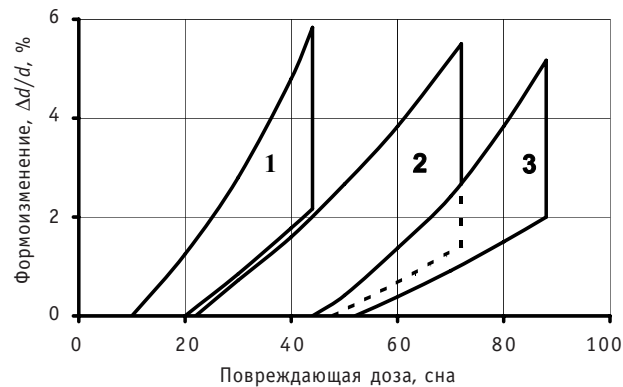


Рис. 1. Зависимость формоизменения оболочек твэлов реактора БН-600 от дозы облучения: 1 – сталь ЗИ847 А; 2 – сталь ЗИ847 х.д.; 3 – ЧС68 х.д. [8]

массива (рис.2). Первый массив данных, полученный на экспериментальных ТВС, и второй массив, относящийся к штатным ТВС и показывающий значительно большую скорость распухания [9].

За время производства труб из стали ЧС68 сменилось три завода-изготовителя: сначала – трубный завод в г. Днепропетровск, затем ОАО «ПНТЗ», в настоящее время трубы производятся на ОАО «МСЗ». Оборудование и технологии изготовления труб на заводах различны.

Было обнаружено [9], что по сечению трубной заготовки имеется химическая неоднородность, которая наследуется при дальнейшем трубном переделе. Это проявляется в виде ликвационной полосчатости структуры и зеренной неоднород-

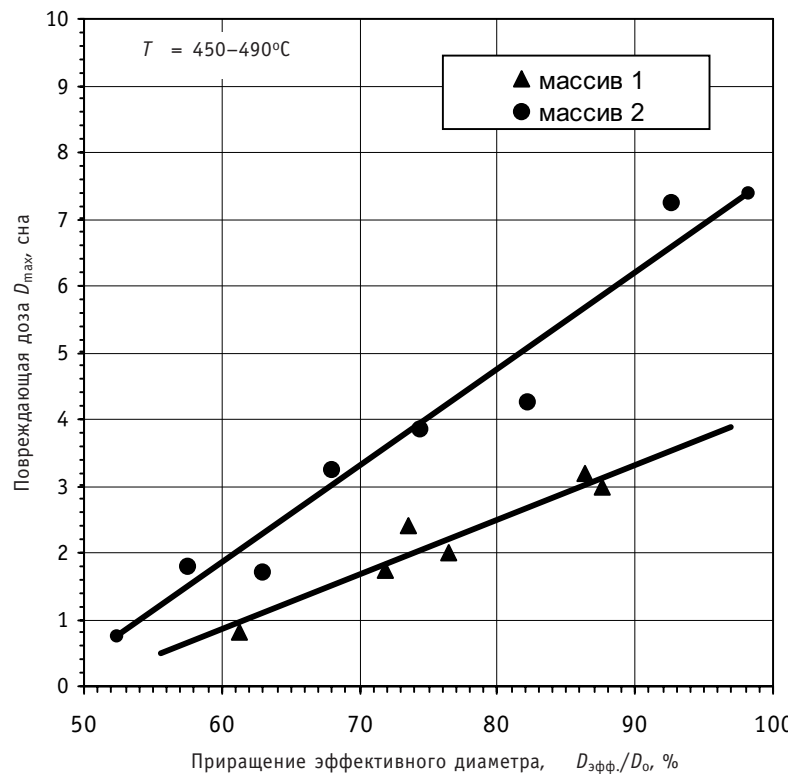


Рис. 2. Зависимость формоизменения оболочек твэлов из стали ЧС68 от повреждающей дозы [9]

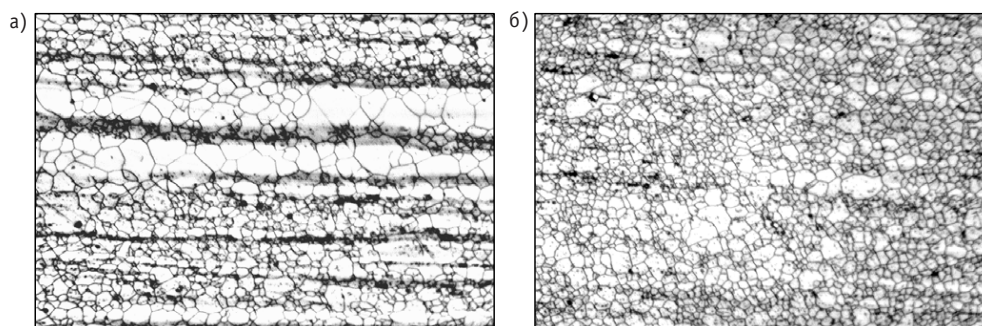


Рис. 3. Микроструктура труб из стали ЧС68 (х220): а) после штатного отжига; б) с применением диффузионного отжига

ности материала (рис. 3а).

Методом микрорентгеноспектрального анализа установлено, что появление полос обусловлено наличием неоднородности химического состава, прежде всего, по молибдену и титану. С целью устранения подобной структуры было решено использовать операцию диффузионного отжига на передельной трубе. Как следует из рис. 3б, применение диффузионного отжига позволяет существенно повысить однородность структуры материала труб.

Основными требованиями к оболочкам для твэлов быстрых реакторов на этапе дореакторных исследований является обеспечение высокой длительной прочности и пластичности. Для сравнительных испытаний на жаропрочность были изготовлены трубчатые образцы из стали ЧС68 х.д. с различными технологическими вариантами изготовления. Кривые длительной прочности труб из стали ЧС68 х.д. приведены на рис. 4 [9]. Как видно из приведенных на рисунке данных, наибольшей длительной прочностью при температуре 700°C обладали трубы, изготовленные с использованием диффузионного отжига и короткооправочного волочения (КОВ).

Эффективность предложенных способов оптимизации структуры и повышения работоспособности оболочек твэлов из стали ЧС68 х.д. было необходимо подтвердить экспериментально.

В качестве инструмента контроля и оценки качества оболочек твэлов используется методология по облучению в БН-600 и исследованию «реперных» ТВС. Результаты исследований показывают, что оболочки твэлов из стали ЧС68 х.д., изго-

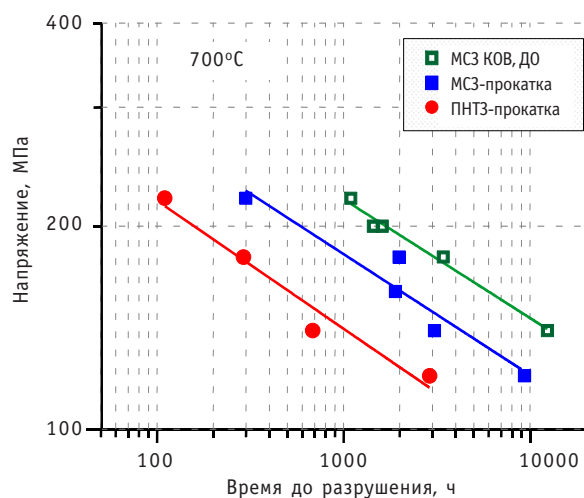


Рис. 4. Длительная прочность труб 6,9×0,4 из стали ЧС68 х.д. [9] DL2-1.doc

товленные по усовершенствованной технологии, имеют в 1,5 раза меньшее распухание по сравнению с оболочками, поставляемыми ранее.

Результаты дореакторных и послереакторных испытаний позволили определить направления повышения радиационной стойкости оболочек твэлов из стали ЧС68 за счет оптимизации их структуры и усовершенствования технологии изготовления [9]:

- оптимизация режимов термообработки труб промежуточных и предготового размеров;
- внедрение диффузионного отжига (Д0) на передельной трубе.

Технологический маршрут холодной деформации труб из стали ЧС68 с использованием волочения на короткой оправке приведен в табл. 3 [9].

В настоящее время на реакторе БН-600 проводятся эксперименты по обоснованию работоспособности оболочечных сталей аустенитного класса: сталь ЧС68 до ~ 90 сна, сталь ЭК164 до ~ 110 сна.

Для достижения более высоких выгораний аустенитные стали могут оказаться непригодными из-за их распухания при высоких повреждающих дозах. Основные усилия материаловедов поэтому направлены на исследование практически «нераспухающих» 12-процентных хромистых сталей.

### ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНЫЕ 12-ПРОЦЕНТНЫЕ ХРОМИСТЫЕ СТАЛИ

Впервые 12-процентная хромистая сталь ЭП450 для чехлов ТВС и оболочек твэлов активных зон быстрых реакторов была предложена в начале 70-х годов [10]. Преимуществом сталей этого класса является более высокое по сравнению со сталями аустенитного класса сопротивление распуханию, высокотемпературному охрупчиванию и радиационной ползучести [11]. Недостатком этих сталей по сравнению с аустенитными является более низкая жаропрочность, склонность к низкотемпературному охрупчиванию и недостаточная коррозионная стойкость при длительном хранении в воде бассейнов выдержки.

С 1989 г. ферритно-мартенситная сталь ЭП450 рекомендована в качестве штатного материала чехлов ТВС. Использование этой стали для чехлов ТВС (96×2 мм) и стали ЧС68 х.д. для оболочек твэлов (6,9×0,4 мм) надежно обеспечило безотказную работу реактора БН-600 при выгорании 11,2% т.а. и повреждающей дозе 82 сна. Есть все основания предполагать, что чехлы ТВС из стали ЭП450 не будут лимитировать достижение более высокой глубины выгорания топлива.

В качестве материала оболочки, обеспечивающего работу твэла до повреждающих доз ~140 сна, рассматриваются жаропрочные комплексно-легированные 12-процентные хромистые стали ЭК181 и ЧС139 [12–13]. Стали ЭК181 и ЧС139 прошли освоение в металлургической промышленности, начато освоение производства из них особотонкостенных труб. Эти стали отличаются от стали ЭП450, прежде всего, дополнительным легированием углеродом, вольфрамом, некоторым сни-

Таблица 2

### Химический состав мартенситных нержавеющей сталей [3]

Сталь	Содержание элементов, % масс.											
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	V	B	W	Ti	Ta
ЭП450	0.10–0.15	<0.6	<0.6	12.0–14.0	<0.3	1.2–2.8	0.25–0.55	0.1–0.3	0.004	–	–	–
ЭК181	0.10–0.20	0.3–0.5	0.5–0.8	10.0–12.0	<0.1	<0.01	<0.01	0.2–1.0	0.003–0.006	1.0–2.0	0.03–0.3	0.05–0.2
ЧС139	0.18–0.20	0.2–0.3	0.5–0.8	11.0–12.5	0.5–0.8	0.4–0.6	0.2–0.3	0.2–0.3	0.003–0.006	1.0–1.5	0.03–0.3	–

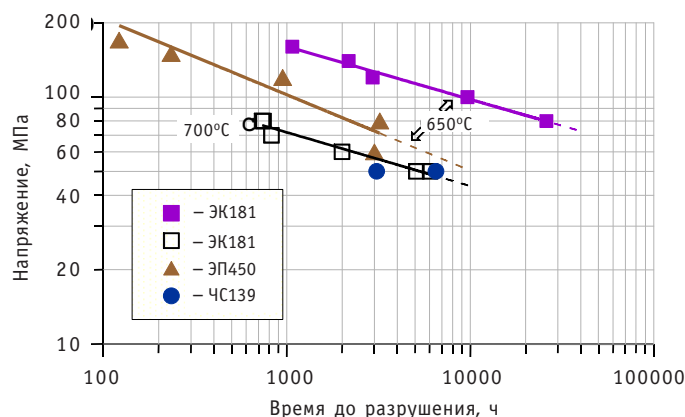


Рис. 5. Длительная прочность сталей ЭП450, ЭК181 и ЧС139 при температурах 650 и 700°C

жением содержания хрома (табл. 2). Такое легирование обеспечивает стабильность упрочняющих фаз, устойчивость к рекристаллизационным процессам и повышает характеристики жаропрочности по сравнению со сталью ЭП450 (рис. 5). Результаты исследований облученных в реакторе БОР-60 ( $T_{\text{обл.}} = 320^\circ\text{C}$ , повреждающая доза 8 сна) образцов стали ЭК181 свидетельствуют о сохранении после облучения приемлемого уровня ударной вязкости и пластичности [14]. Полученные к настоящему времени результаты показывают перспективность применения жаропрочных сталей типа ЭК181 и ЧС139 в качестве оболочечного материала твэлов реакторов БН.

Продолжаются радиационные испытания и исследования стали ЭК181 в реакторе БОР-60. Предполагается, начиная с 2009 г., проведение в реакторе БН-600 эксперимента по облучению двух материаловедческих ТВС (ТВСМ) с образцами сталей ЭК181, ЧС139 и их модификаций до максимальной повреждающей дозы  $\sim 140$  сна.

Для обеспечения достижения повреждающей дозы на твэл  $\sim 180$  сна во ФГУП ВНИИНМ разрабатываются, с использованием методов порошковой металлургии, дисперсно-упрочненные 12-процентные хромистые стали (ДУО-стали). Необходимое повышение характеристик ползучести и длительной прочности достигается упрочнением матрицы дисперсными частицами окислов иттрия и титана.

Таблица 3

**Маршрут холодной деформации труб из стали ЧС68 с использованием волочения на короткой оправке [9]**

№ п/п	Размер труб, мм	Операция
0.	Ø 65	Исходная трубная заготовка
1.	57 × 8,5	Обточка, сверление, расточка
2.	42 × 4,8	Прокатка, ДО
3.	28 × 2,6	Прокатка, т.о.*
4.	18 × 1,5	Прокатка, т.о.
5.	11,6 × 0,82	Прокатка, т.о.
6.	7,2 × 0,48	Прокатка, т.о.
7.	6,9 × 0,4	Волочение, х.д.

т.о.\* — термообработка



Таблица 4

**Результаты испытаний на термическую ползучесть плоских образцов 50×10×2 мм из сталей ЭП450 и ЭП450 ДУО [15]**

Материал	Температура испытания, °С	Напряжение, МПа	Скорость ползучести, %/ч
ЭП450	650	140	$1,2 \cdot 10^{-2}$
ЭП450 ДУО	650	140	$2,4 \cdot 10^{-4}$
ЭП450	700	120	9,1
ЭП450 ДУО	700	120	$1,8 \cdot 10^{-3}$

На основании мирового и имеющегося во ФГУП ВНИИНМ собственного опыта по порошковой металлургии была опробована следующая технологическая схема получения ДУО ферритно-мартенситной стали на основе стали ЭП450 [15]:

- получение порошка стали матричного состава (ЭП450) центробежным распылением расплава из вращающегося гарнисажного тигля в атмосфере гелия высокой чистоты;
- механическое легирование полученного порошка мелкодисперсными (40–80 нм) частицами  $Y_2O_3$  и титаном в вибрационном высокоэнергетическом аттриторе, обеспечивающее деформационное растворение оксида иттрия и титана в решетке матричной стали;
- виброзаполнение капсул полученной порошковой смесью до плотности ~ 60%, дегазация при  $T = 500^\circ\text{C}$  в течение 3 ч, герметизация капсул электронно-лучевой сваркой в вакууме;
- горячая экструзия ( $T \sim 1150^\circ\text{C}$ ) капсул с порошком в горячепрессованный прутки с вытяжкой не менее 10 с последующей механической обработкой; при горячей экструзии происходит образование и выделение из решетки матричной стали частиц сложных наноксидов иттрия и титана с высокой концентрацией.

Проведена оценка деформационной способности стали ЭП450 ДУО. Показано, что данная сталь сохраняет достаточно высокое удлинение после холодной деформации до 60%. На основании этого выбран маршрут прокатки труб размером 6,9×0,4 мм с промежуточными термическими обработками.

Испытания на термическую ползучесть были проведены на плоских образцах размером 50×10×2 мм, вырезанных из чехловой трубы (сталь ЭП450) и из горячекатаной пластины (сталь ЭП450 ДУО) (табл. 4). Несмотря на некоторую разнотекучность, неравномерность в распределении оксидных частиц и наличие небольшой доли достаточно крупных нерастворившихся оксидов скорость термической ползучести стали ЭП450 ДУО была на два порядка меньше скорости термической ползучести стали ЭП450 [15].

В конце 2006 г. во ВНИИНМ была получена первая опытная партия особотонкостенных труб размером 6,9×0,4 мм из стали ЭП450 ДУО. Структура полученных труб состоит из областей с рекристаллизованными зернами размером от 10 до 25 мкм и субзернами размером от 0,1 до 3 мкм (рис. 6а). Внутри зерен и субзерен наблюдаются равномерно распределенные оксиды (рис. 6б), гистограмма распределения которых по размерам представлена на рис. 7. Средний размер оксидных частиц составляет ~7 нм, а концентрация  $\sim 10^{16} \text{ см}^{-3}$ .

Значительный объем работ направлен на отработку технологии изготовления и комплексные дореакторные исследования твэльных труб из ДУО-сталей ферритно-мартенситного класса и их сварных соединений. Идет подготовка к реакторным испытаниям материалов этого класса на БН-600 в составе двух ТВСМ до мак-

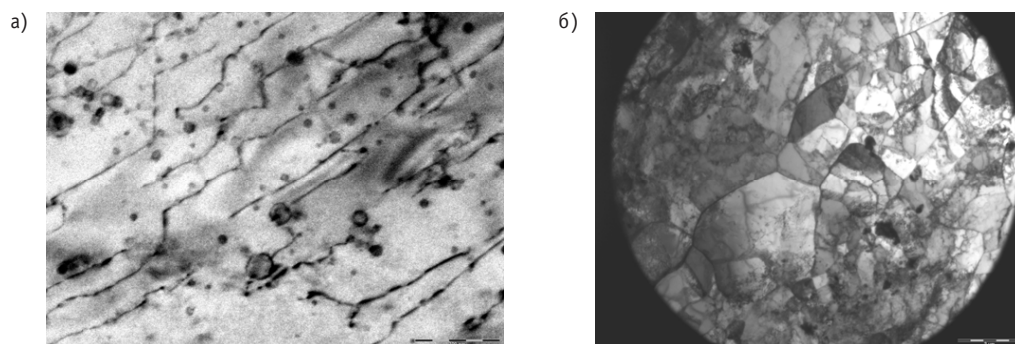


Рис. 6. Зеренная структура (а) и оксиды (б) в оболочечной трубе из стали ЭП450 ДУО [15]

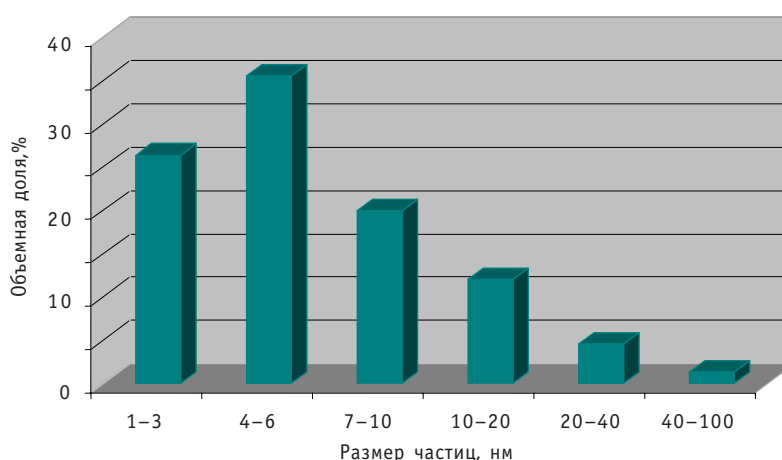


Рис. 7. Распределение оксидных частиц по размерам в образце оболочечной трубы из стали ЭП450 ДУО [15]

симальной повреждающей дозы ~ 140 сна.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Увеличение глубины выгорания топлива в реакторах БН сдерживается вакансионным распуханием оболочек твэлов из аустенитных хромоникелевых сталей при высоких повреждающих дозах. В настоящее время на реакторе БН-600 проводятся эксперименты по обоснованию работоспособности оболочечных сталей аустенитного класса: сталь ЧС68 до ~ 90 сна, сталь ЭК164 до ~ 110 сна.

2. Повышение работоспособности оболочек твэлов быстрых реакторов до повреждающих доз ~140 сна решается путем применения новых 12-процентных хромистых мартенситных сталей типа ЭК181 и ЧС139. Для экспериментальной проверки их использования планируется, начиная с 2009 г., проведение на реакторе БН-600 облучения двух ТВСМ до максимальной повреждающей дозы ~ 140 сна.

3. С целью обеспечения работоспособности оболочек твэлов реакторов БН до повреждающих доз ~ 180 сна начаты работы по разработке жаропрочных хромистых ДУО-сталей. Проводятся отработка технологии изготовления и комплексные дореакторные исследования твэльных труб из ДУО-сталей ферритно-мартенситного класса и их сварных соединений. Идет подготовка к реакторным испытаниям



материалов этого класса на БН-600 в составе двух ТВСМ до максимальной повреждающей дозы ~ 140 сна.

### Литература

1. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI в. – М.: ФГУП «ЦНИИАтоминформ», 2001.
2. Поплавский В.М., Цибуля А.М., Камаев А.А. и др. Перспективный натриевый быстрый реактор БН-1800, удовлетворяющий требованиям ядерной энергетики XXI века//Атомная энергия. – 2004. – Т. 96. – Вып. 5. – С.335-342.
3. Ватулин А.В., Целищев А.В. Конструкционные стали для активной зоны реакторов на быстрых нейтронах//МирТом. – 2004. – №11. – С. 13-19.
4. Солонин М.И., Иолтуховский А.Г., Бибилашвили Ю.К. и др. Проблемы создания и модификации нержавеющей сталей для деталей активных зон ядерных реакторов на быстрых нейтронах и термоядерного реактора синтеза//Физика и химия обработки материалов. – 2001. – №5. – С. 5-13.
5. Garner F.A. Irradiation performance of cladding and structural steels in liquid metal reactors, in Materials Science and Technology, Nuclear Materials, v. 10A, VCH, Weinheim, 1994, p. 420-543.
6. Воеводин В.Н., Неклюдов И.М. Эволюция структурно-фазового состояния и радиационная стойкость конструкционных материалов. – Киев: Наукова думка, 2006.
7. Целищев А.В., Агеев В.С., Буданов Ю.П. и др. Развитие и применение микроструктурного подхода для создания радиационно-стойких сталей аустенитного класса//ВАНТ. Материаловедение и новые материалы. – 2006. – Вып. 1(66). – С. 304-312.
8. Мальцев В.В., Огородов А.Н., Росляков В.Ф. и др. Опыт эксплуатации твэлов и ТВС реактора БН-600/Труды Международной конф. по радиационному материаловедению (Алушта, 1990). – Т. 4. – С. 105-112.
9. Баканов М.В., Чуев В.В., Крюков О.В. и др. Оптимизация структурного состояния материала оболочечных труб из стали ЧС68 в холоднодеформированном состоянии//Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2005. – № 1. – С. 139-145.
10. Решетников Ф.Г., Романеев В.В., Медведева Е.А. и др. Разработка радиационно стойких нержавеющей сталей для чехлов ТВС реакторов на быстрых нейтронах/Труды Международной конф. по радиационному материаловедению (Алушта, 1990). – Т.3. – С. 41-46.
11. Dvoriashin A.M., Porollo S.I., Konobeev Yu.V., Garner F.A. Influence of high dose neutron irradiation on microstructure of EP-450 ferritic-martensitic steel//Journal of Nuclear Materials. – 2004. – V. 329-333. – P. 319-323.
12. Leonteva-Smirnova M.V., Ioltukhovskiy A.G., Arutunova G.A. et al. Investigation of heat treatment conditions on the structure of 12% chromium reduced activation steels// Journal of Nuclear Materials. – 2002. – V. 307-311. – P. 466-470.
13. Chernov V.M., Leonteva-Smirnova M.V., Potapenko et. al. Structural Materials for Fusion Power Reactors – the RFR&D Activities//Nuclear Fusion. – 2007. – 47. – P. 839-848.
14. Леонтьева-Смирнова М.В., Агафонов А.Н., Ермолаев Г.Н. и др. Микроструктура и механические свойства малоактивируемой ферритно-мартенситной стали ЭК181 (RUSFER – EK181)//Перспективные материалы. – 2006. – №6. – С.40-51.
15. Ageev V.S., Leontyeva-Smirnova M.V., Nikitina A.A., Safronov B.V., Chukanov A.P., Tsvelev V.V., Potapenko M.M., Sagaradze V.V. Development of ODS ferritic-martensitic steels for innovative nuclear fast breeder reactors/International Symposium «Structural Materials for Innovative Nuclear Systems», Karlsruhe, Germany, 2007.

Поступила в редакцию 27.04.2009

reactor BN-600 that have been performed in the spent fuel cooling pond and in the hot laboratory of Beloyarsk NPP power unit 3. This paper presents the main results of the second modification of the process and experimental equipment of the hot cell of BN600 carried out after the year of 2000, and further perspectives of the development of the on-site verification complex are discussed.

#### УДК 621.039.542

*Justification by Calculation of the Safe Post Irradiation Handling of the BN-600 Reactor Core Components/V.V. Golovin, A.I. Karpenko, A.M. Tuchkov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 5 pages, 1 table, 3 illustrations. – References, 1 title.*

The article shows the possibility of the practical application of the results of the simulation by calculation of the heat-up of the spent BN-600 reactor core components with various decay heat power values for planning and optimizing the conditions of the post irradiation handling of these components.

#### УДК 621.039

*Prediction of the Professional Successfulness when Screening the Candidates for the Potential Executive Positions/A.V. Abdullaeva, N.N. Oshkanov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 6 pages, 2 tables, 12 illustrations. – References, 4 titles.*

The paper analyzes the link of the psychodiagnostic criteria obtained when performing psychophysiological examinations with the indicator of success of activities to reveal the propensities of the employees of the company for managerial activities.

#### УДК 621.039.58

*Concept of the Computer System of the Support to the Maintenance of the Equipment at the Nuclear Plant. Management and Safety/A.I. Karpenko, Yu.A. Makhaev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 6 pages, 1 illustration. – References, 3 titles.*

The paper presents main functional modules of the system of the support to the maintenance at a NPP.

#### УДК 621.039.58

*Main Modules of the System of the Support to the Maintenance of the Equipment at the Nuclear Power Plant. Designation, Presentation, Implementation/A.I. Karpenko, Yu.A. Makhaev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 6 pages, 3 illustrations.*

The paper presents main functional modules of the system of the support to the maintenance at a NPP.

#### УДК 621.039.53

*Structural Materials of the Russian Fast Reactor Cores. Current Situation and Perspectives/V.S. Ageev, Yu.P. Budanov, A.G. Ioltukhovskiy, M.V. Leonteva-Smirnova, N.M. Mitrofanova, A.V. Tselishchev, I.A. Shkaruba; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 9 pages, 4 tables, 7 illustrations. – References, 15 titles.*

The article deals with the utilized and the perspective types and grades of the steels applied and planned to be applied as the fast reactor fuel cladding material. The features of the austenitic chromium-nickel and ferritic-martensitic steels are shown. To achieve the fuel burn-up levels higher than the achieved ones the austenitic steels can turn out to be useless because of their swelling. Actually «non-swelling» ferritic-martensitic chromium steels are considered to be more promising. In support to the achievement of the fuel pin damage dose of ~180 dpa the Russian Inorganic Material Research Centre develops the dispersion strengthened 12-% chromium steels using the methods of the powder metallurgy.