



РОСАТОМ



ТОПЛИВНАЯ КОМПАНИЯ РОСАТОМА

ТВЭЛ



ВНИИИМ
имени А.А.Бочвара

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

РАЗРАБОТКА ТВЭЛОВ С РЕМИКС-ТОПЛИВОМ ДЛЯ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА БАЛАКОВСКОЙ АЭС

Научный сотрудник, Сергиенко И.Р.

Глушенков А.Е., Кузнецов В.И., Новиков В.В., Рыкунов Д.В.

Стратегический проект «Расчетно-экспериментальное обоснование РЕМИКС-топлива»

Приказ ГК «РОСАТОМ» №1/1098-П



РОСАТОМ



НЗХК

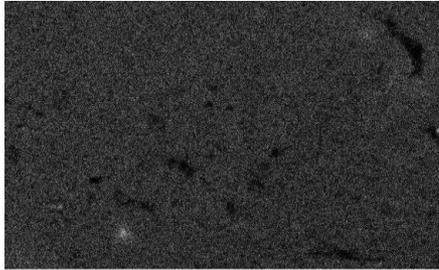


- Конечная цель - разработка конструкции твэла с РЕМИКС топливом и доказательство ее работоспособности в эксплуатационных условиях реактора ВВЭР-1000
- Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие работы:
 - ❖ Изготовить твэлы с РЕМИКС-топливом:
 - Разработать технические требования к таблеткам РЕМИКС-топлива с учетом возможностей изготовления и эксплуатации;
 - Изготовить партию таблеток достаточную для комплектации 19 твэлов с РЕМИКС-топливом;
 - Выпустить технический проект на твэлы ВВЭР-1000 с РЕМИКС-топливом и РКД для их дальнейшего изготовления на предприятиях АО «СХК» и ПАО «НЗХК»;
 - Изготовить партию из 19 твэлов;
 - Изготовить 3 КЭТВС на базе ТВС-2М.
 - ❖ Провести расчетно-экспериментальное обоснование твэлов:
 - Определить дореакторные свойства РЕМИКС-топлива;
 - Разработать обосновывающие материалы для РОСТЕХНАДЗОРа.
 - ❖ Провести опытно-промышленную эксплуатацию твэлов с РЕМИКС-топливом:
 - Получить изменение в УДЛ;
 - Загрузить для облучения 3 КЭТВС в реактор 3 блока Балаковской АЭС.

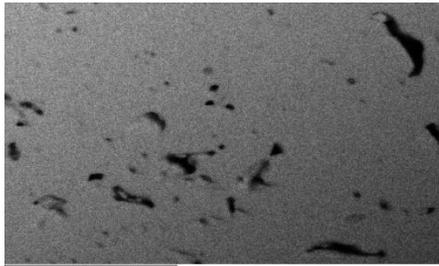


Разработка технических требований

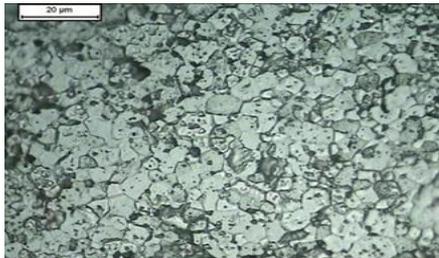
Изготовление таблеток РЕМИКС-топлива



Поверхность образца в характеристическом рентгеновском излучении Pu



Поверхность образца в характеристическом рентгеновском излучении U



Микроструктура образца

- Разработаны технические требования к таблетке РЕМИКС-топлива с учетом особенностей топлива ВВЭР и изготовления в лабораторных условиях
- В результате изготовления получена высокая гомогенность распределения Pu и U, получен средний условный размер зерен не менее 10 мкм
- Отсутствие влаги обеспечивалось термовакуумной сушкой таблеток и упаковкой в герметичный, заполненный аргоном, контейнер РЕМИКС-Т. Таблетки в контейнере РЕМИКС-Т транспортировались в АО «СХК»
- Геометрические размеры, шероховатость поверхности изготовленных таблеток полностью удовлетворяют выставленным требованиям и аналогичны штатному топливу для ТВС-2М
- Изготовлено необходимое количество таблеток с РЕМИКС-топливом для гарантированного снаряжения 19 твэлов, один из которых - контрольный



Дореакторные исследования таблеток РЕМИКС-топлива



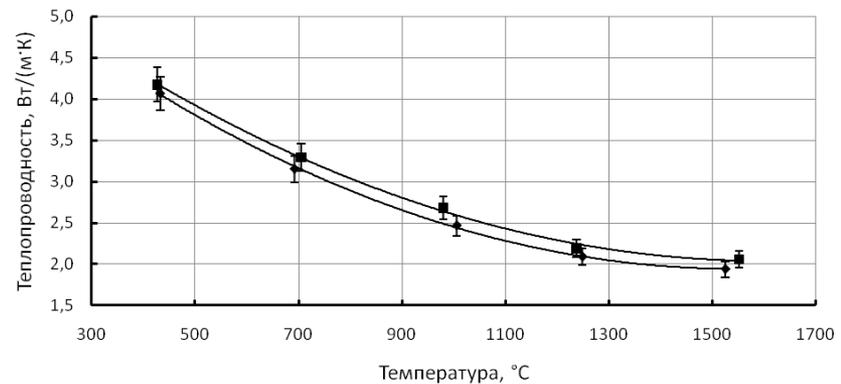
Установка для исследования теплофизических характеристик материалов «Квант – Б»



Дилатометр NETZSCH DIL 402C

- Исследованы следующие свойства таблеток:
 - теплопроводность в диапазоне температур 400-1500 °С (установка «Квант-Б»);
 - ползучесть 400-1500 °С (установка «Плутон-М»);
 - коэффициент термического расширения (дилатометр DIL 402C);

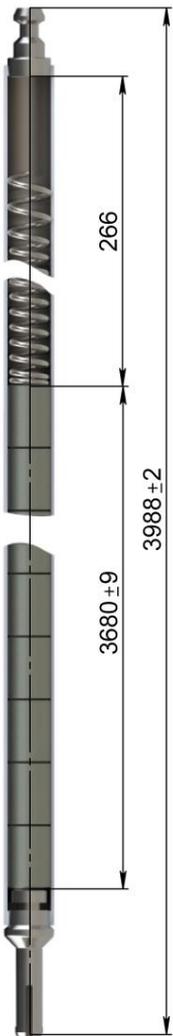
Экспериментальные данные применялись для корректировки библиотеки свойств проектного кода СТАРТ-3А



◆ - Образец №1 (UO.99 Pu0.01)O2 ■ - Образец №2 (UO.99 Pu0.01)O2



Разработка технического проекта твэла с РЕМИКС-топливом



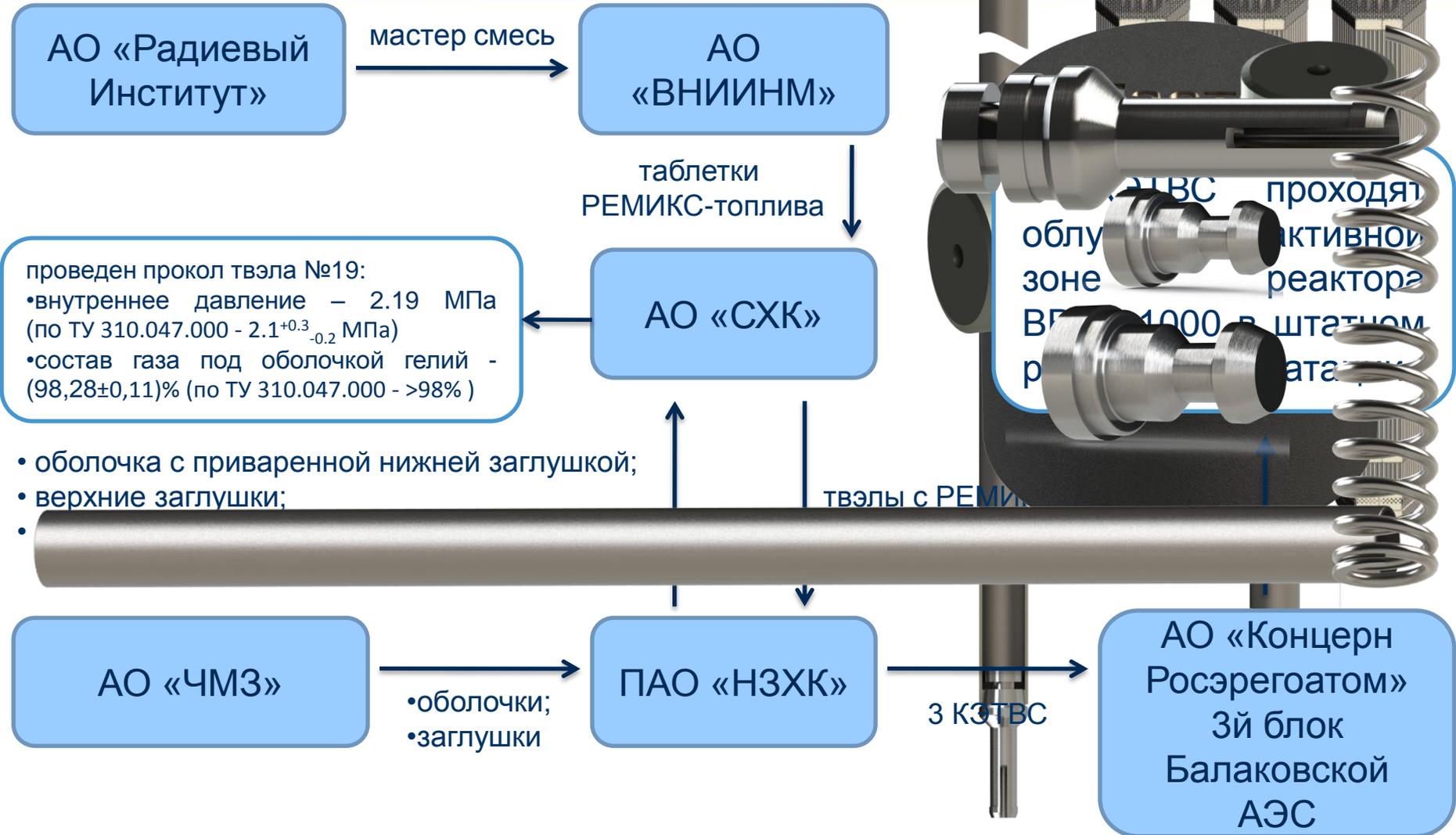
Технический проект 310.047.000 разработан по утвержденному техническому заданию 310-ТЗ-047 с учетом технологических возможностей ПАО «НЗХК» и АО «СХК» и включает в себя:

- Ведомость технического проекта 310.047.000 ТП изм. 1;
- Пояснительная записка 310.047.000 ПЗ изм. 1;
- Чертеж общего вида твэла 310.047.000 ВО изм. 1;
- Технические условия на твэл 310.047.000 ТУ изм. 1;
- Технологическая схема 310.047.000 ИЧ изм. 1;
- Чертеж топливной таблетки 310.047.001 изм. 1;
- Технические условия на таблетку 310.047.001 ТУ;
- Программа и методика приемочных испытаний твэлов 310.047.000 ПМ;
- Технические требования к смешанной уран-плутониевой топливной таблетке для проекта РЕМИКС.

На базе технического проекта АО «ВНИИНМ» была изготовлена рабочая техническая документация в ПАО «НЗХК» для передачи АО «СХК»



Работы по изготовлению ТВЭЛов с РЕМИКС топливом в составе КЭТВС

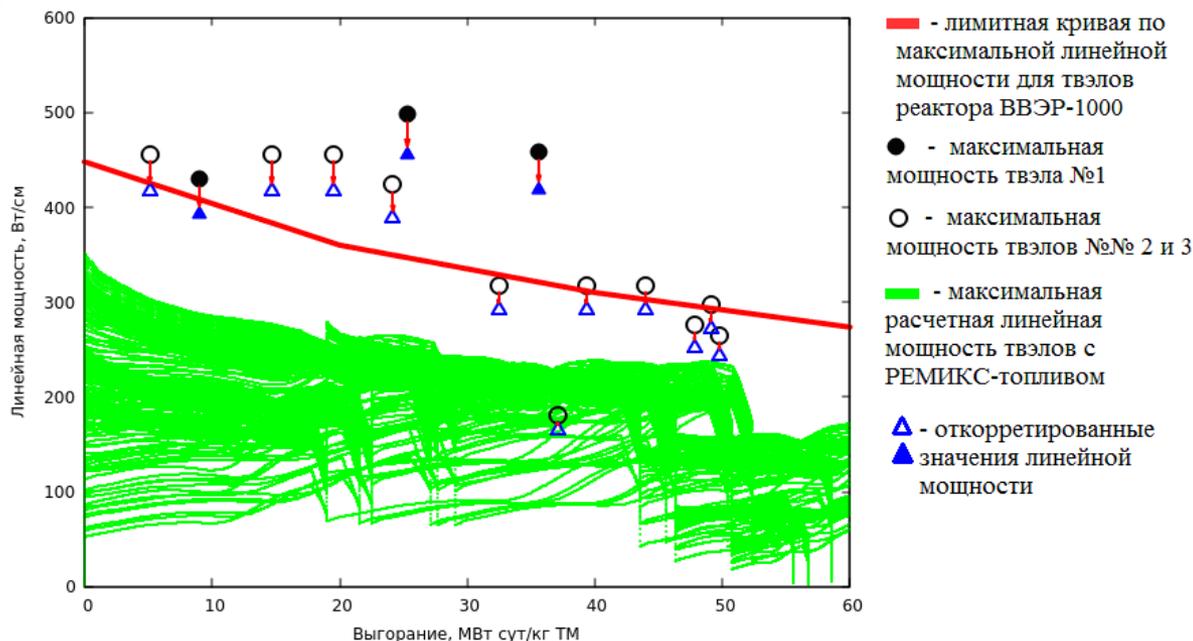


Расчетно-экспериментальное обоснование работоспособности твэлов с РЕМИКС-топливом

Основная цель – получение изменения условия действия лицензии допускающее загрузку 3 КЭТВС с РЕМИКС-топливом в активную зону реактора ВВЭР-1000 блока №3 Балаковской АЭС



Экспериментальное обоснование работоспособности ТВЭЛОВ с РЕМИКС-топливом



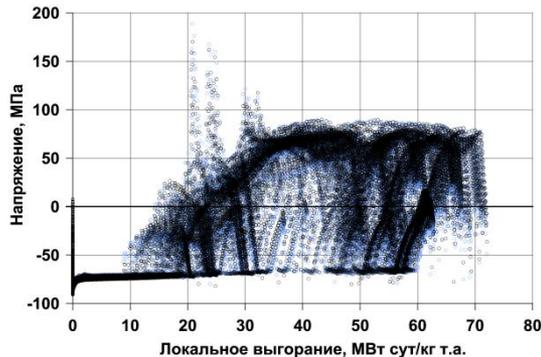
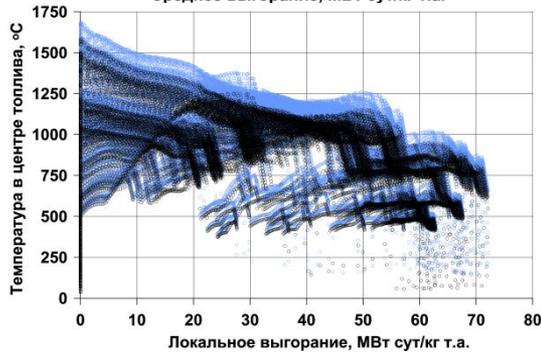
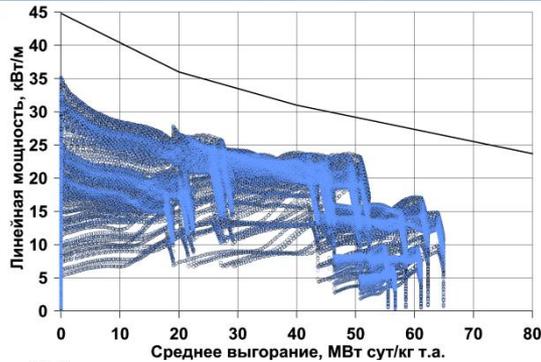
В соответствии с Федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии (п. 3.2 НП-080-07 и п. 2.1.4 НП-082-07) для постановки КЭТВС на ОПЭ в реактор ВВЭР1000 необходимо экспериментальное обоснование.

В качестве экспериментального обоснования РЕМИКС-топлива использовались результаты экспериментов, проведенных в реакторе МИР на 3 ТВЭЛАХ с МОКС-топливом. После экспериментов ТВЭЛЫ выгружены как герметичные.

Параметр	Плотность, г/см ³	Диаметр центрального отверстия, мм	Максимальная линейная мощность, Вт/см	Содержание Pu весовое, %
МОКС-топливо	10,8	2,3	500	5
РЕМИКС-топливо	10,7	1,2	350	1



Расчетное обоснование работоспособности ТВЭЛОВ с РЕМИКС-топливом



Результаты расчетов ТВЭЛОВ с РЕМИКС-топливом по проектным критериям в стационарном режиме эксплуатации

Наименование проектного критерия	Проектный предел	Проектный коэффициент запаса	Расчетный коэффициент запаса
ТС1 Предельная температура топлива	$T_{пл}$	1,1	1,67
ТС2 Предельное значение давления газов под оболочкой ТВЭЛА	15,7 МПа	1,1	1,67
SC1 Коррозионное растрескивание под напряжением в присутствии агрессивных продуктов деления	260 МПа	1,2	1,38
DC1 Предельное значение изменения диаметра оболочки	-0,12 / +	1,2	1,39
DC2 Предельное значение удлинения ТВЭЛА		1,25	1,67



ТВЭЛЫ обоснованы с достаточными коэффициентами запаса для условий эксплуатации в 22-24 загрузке 3 блока Балаковской АЭС.



По итогам работы получены следующие результаты:

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ
НАДЗОРУ

УТВЕРЖДАЮ

Врио руководителя Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному
надзору



А.Л. Рыбас

июня 2016 г.

ИЗМЕНЕНИЕ № 29

условий действия лицензии Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № ГН-03-101-2352 от 20.04.2010, дающей право на эксплуатацию ядерной установки, выданной открытому акционерному обществу «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (ОАО «Концерн Росэнергоатом»).
Объект, на котором проводится заявленная деятельность: энергоблок № 3 Балаковской АЭС.

Дата введения изменения – с момента утверждения.

Основание: заявление АО «Концерн Росэнергоатом» № 34-БАЛ-3-ИЗМ-Э-16 (письма исх. № 9/04/1090 от 17.03.2016, № 9/04/1509 от 06.04.2016, № 9/04/2131 от 17.05.2016, № 9/04/2468 от 03.06.2016), решение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 2352/29 от 14.06.2016.

СОДЕРЖАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

1. После заголовка «Условия действия лицензии ...» на свободном поле сделать запись: «Действует с Изменением № 29».

2. Пункты 1.1.5, 1.1.6 условий действия лицензии изложить в следующей редакции:

1.1.5. Проектных критериев, а также параметров и характеристик, проектных пределов и условий безопасной эксплуатации, установленных в документах:

- Разработан ТП и изготовлены 19 ТВЭЛОВ с РЕМИКС-топливом;
- Подготовлен комплект материалов для получения изменения УДЛ;
- Получено изменение 29 в УДЛ;
- Три КЭТВС загружены в активную зону 3 блока Балаковской АЭС и проходят облучение;
- Срок выполнения работ - июнь 2015 – июль 2016 г.г.;
- Первый этап Стратегического инвестиционного проекта выполнен в соответствии с установленными сроками.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

