



РОСАТОМ



ТОПЛИВНАЯ КОМПАНИЯ РОСАТОМА

ТВЭЛ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Повышение надежности и экономической эффективности ядерного топлива для АЭС. Движение к нулевому отказу.

Исполнительный директор ОАО «ТВЭЛ»
Д.В. Крылов



Москва
06 июня 2012 года

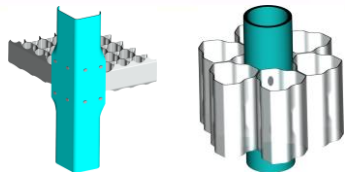
Наша цель

Поставка Заказчику ядерного топлива, обеспечивающего:

Надежную и безопасную эксплуатацию

Экономическую эффективность использования в различных топливных циклах

Повышение надежности ядерного топлива



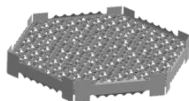
Повышение геометрической стабильности ТВЭЛ
Применение ТВЭЛ жестким каркасом



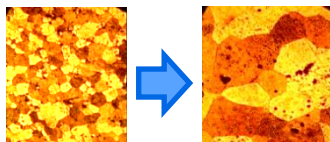
**Повышение защищенности от повреждения
посторонними предметами в теплоносителе**
Применение антидебризных фильтров (АДФ)



**Повышение устойчивости к вибрационным
нагрузкам**
Применение антивибрационных решеток (АВР)



Повышение теплотехнической надежности
Применение перемешивающих решеток (ПР)



**Предотвращение взаимодействия топлива
с оболочкой ТВЭЛ, уменьшение выхода ГПД**
Увеличение среднего размера зерна топлива



**Повышение устойчивости к коррозионным и
радиационным воздействиям**
Применение новых конструкционных материалов



Повышение экономической эффективности ядерного топлива



Увеличение глубины выгорания топлива

**Повышение эксплуатационного ресурса
топлива**

**Создание условий для повышения
тепловой мощности энергоблоков**

**Обеспечение работоспособности ядерного
топлива в маневренных режимах
эксплуатации**

Ядерное топливо для ВВЭР-440



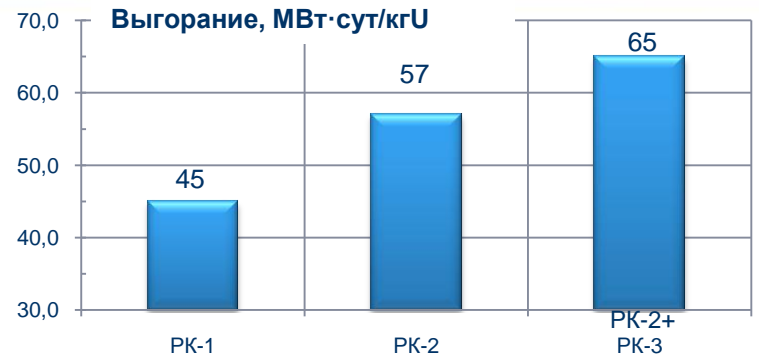
Виброустойчивое топливо
Обогащение 3.82%
Таблетка 7.57/1.4
 1998

Топливо второго поколения
Обогащение до 4.38%
Таблетка 7.6/1.2
 2003

Топливо второго поколения
Обогащение 4.87%
Таблетка 7.6/1.2
 2010

РК третьего поколения
Обогащение 4.87%
Таблетка 7.8/0
 2010

Топливо второго поколения
Обогащение 4.87%
Таблетка 7.8/0
 2013



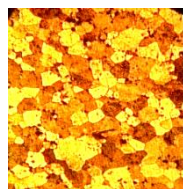
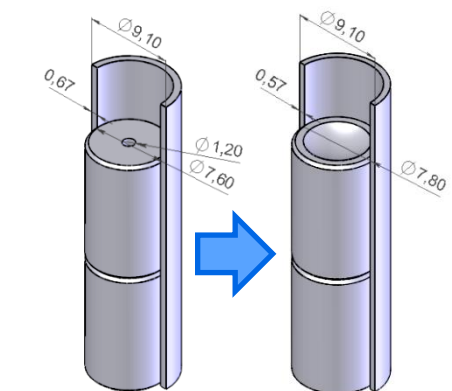
Ядерное топливо для ВВЭР-440

Топливо второго поколения
Обогащение 4,87%
Таблетка 7.6/1.2 мм

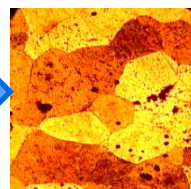
Топливный цикл – 5-ти годичный
при работе на уровне мощности
1471 МВт(тепл.) (107%).

Кол-во кассет подпитки – 66 шт.
Выгорание - 65 МВт·сут/кгU.
Работа в маневренном режиме.

В 2010 году начата опытно-
промышленная эксплуатация в
объеме подпитки на блоке №4
Кольской АЭС.



8-10 мкм



~ 25 мкм

Топливо второго поколения
Обогащение 4.87%
Таблетка 7.8/0 мм

Топливный цикл - 5-ти годичный
при работе на уровне мощности
1540 МВт(тепл.) (**110%**).

Кол-во кассет подпитки – **60** шт.
Выгорание - 65 МВт·сут/кгU
Работа в маневренном режиме.

Разработка технического проекта
в 2013 году, начало эксплуатации
– с 2014 года

Ядерное топливо для ВВЭР-440



Конструкции РК-3 – бесчехловая, с каркасом из уголков и труб.
Масса топлива в кассете составляет 132 кг (увеличена на 4,5%).
Шаг расположения твэлов в пучке увеличен с 12,3 до 12,6 мм.
Топливный цикл – 6-годовой.

Эффект от внедрения РК-3 - повышение эффективности
топливоиспользования примерно на 10% по сравнению с РК-2 с топливом
аналогичного обогащения.

Опытно-промышленная эксплуатация 12 РК-3 проводится на блоке №4
Кольской АЭС с 2010 года

Ядерное топливо для ВВЭР-1000

Усовершенствование
конструкции ТВС

Изменение геометрических
размеров таблеток, оболочек
ТВЭЛОВ

Повышение
обогащения урана

Увеличение длины
топливного столба

ТВСА (1998)

ТВС-2 (2003)

Обогащение 4.40%
Таблетка 7.57/1.4мм
Высота а.з.3530мм
Масса UO_2 494.5 кг

**ТВСА-АЛЬФА
(2006)**

Обогащение 4.7%
Таблетка 7.8/0мм
Высота а.з. 3530 мм
Масса UO_2 546 кг

**ТВСА-12
(2011)**

Обогащение 4.7%
Таблетка 7.8/0мм
Высота а.з. 3530 мм
Масса UO_2 546 кг

ТВСА-PLUS (2010)

ТВС-2М (2006)

Обогащение 4.95%
Таблетка 7.6/1.2мм
Высота а.з.3680 мм
Масса UO_2 525 кг

ТВС-4А

каркас из уголков и ДР

ТВС-4М

каркас НК и ДР

Обогащение 4.95%

Таблетка 7.8/0мм

Высота а.з.3680 мм

Масса UO_2 568 кг

Разработка
проекта - 2012 год



Ядерное топливо для ВВЭР-1000



ТВС 4-го поколения для ВВЭР-1000

топливный столб 3680 мм

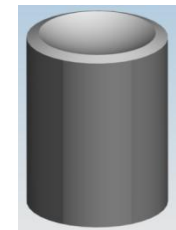
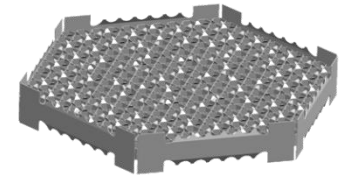
топливная таблетка 7.8x0 мм

12 дистанционирующих решеток

перемешивающие решетки

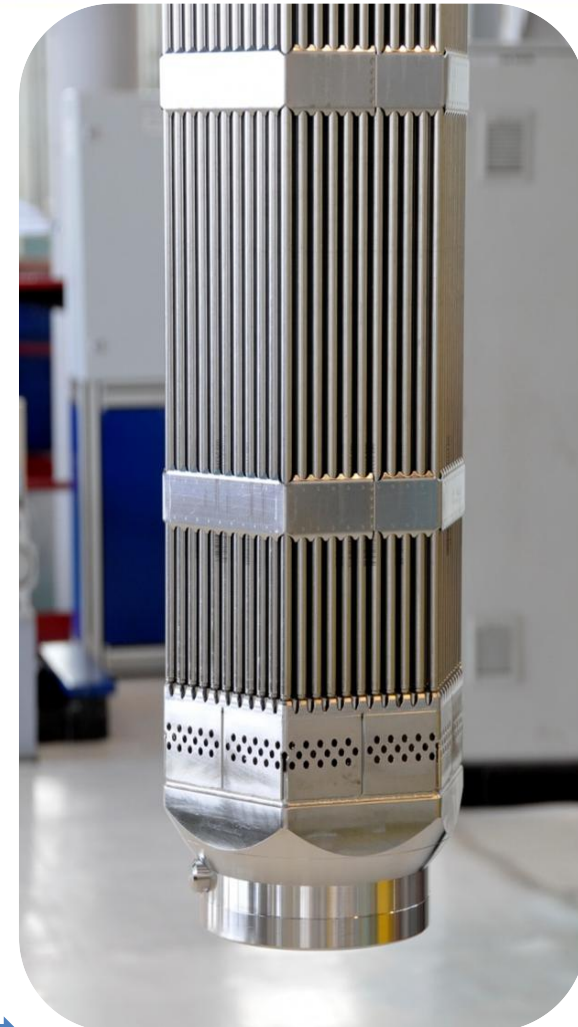
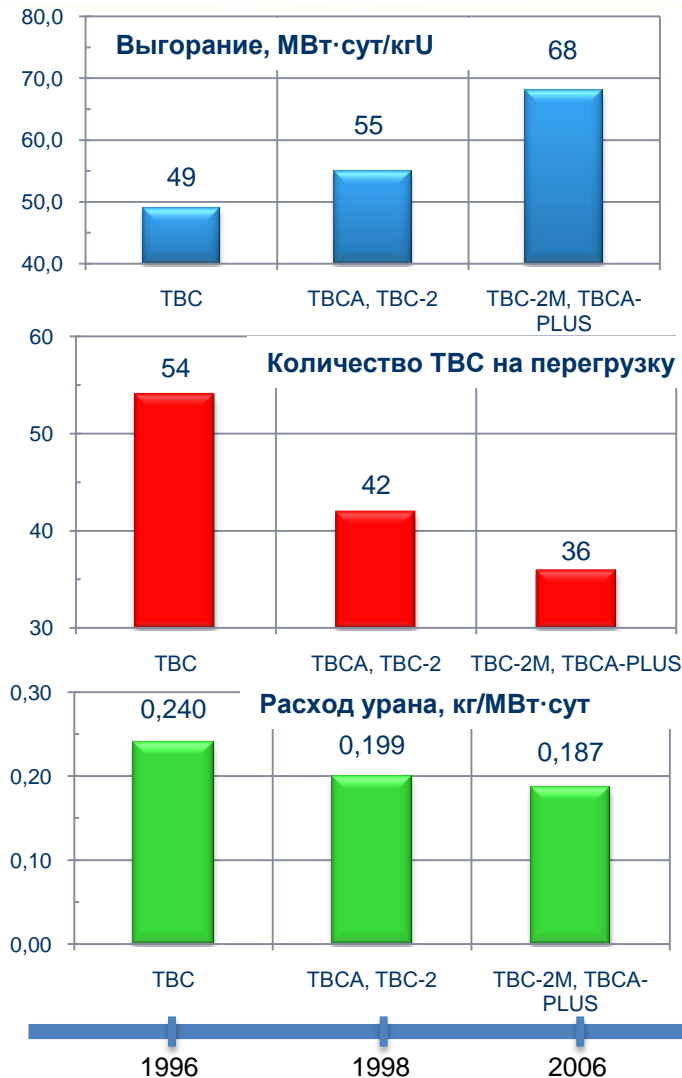
хвостовик с АДФ

антивибрационный нижний узел



Этапы развития	
Технический проект	2012
Опытная эксплуатация	2014
Промышленная эксплуатация	2016

Ядерное топливо для ВВЭР-1000



Топливные циклы ВВЭР-1000, мощность 104 % $N_{ном}$

ТВС-2М

Эксплуатация в топливном
цикле 3×18 мес.



Балаковская АЭС
Ростовская АЭС
АЭС «Тяньвань» (план)

ТВСА-PLUS

Эксплуатация в топливном
цикле 3×18 мес.



Калининская АЭС

ТВСА-Т
ТВСА-12

Эксплуатация в топливном
цикле 5×12



АЭС «Темелин»,
АЭС Украины (план)
АЭС «Козлодуй» (план)

Регулирование мощности на АЭС с ВВЭР-1000

ТВС ВВЭР-1000 позволяют реализовывать маневренные режимы

Выполнено расчетно-экспериментальное обоснование

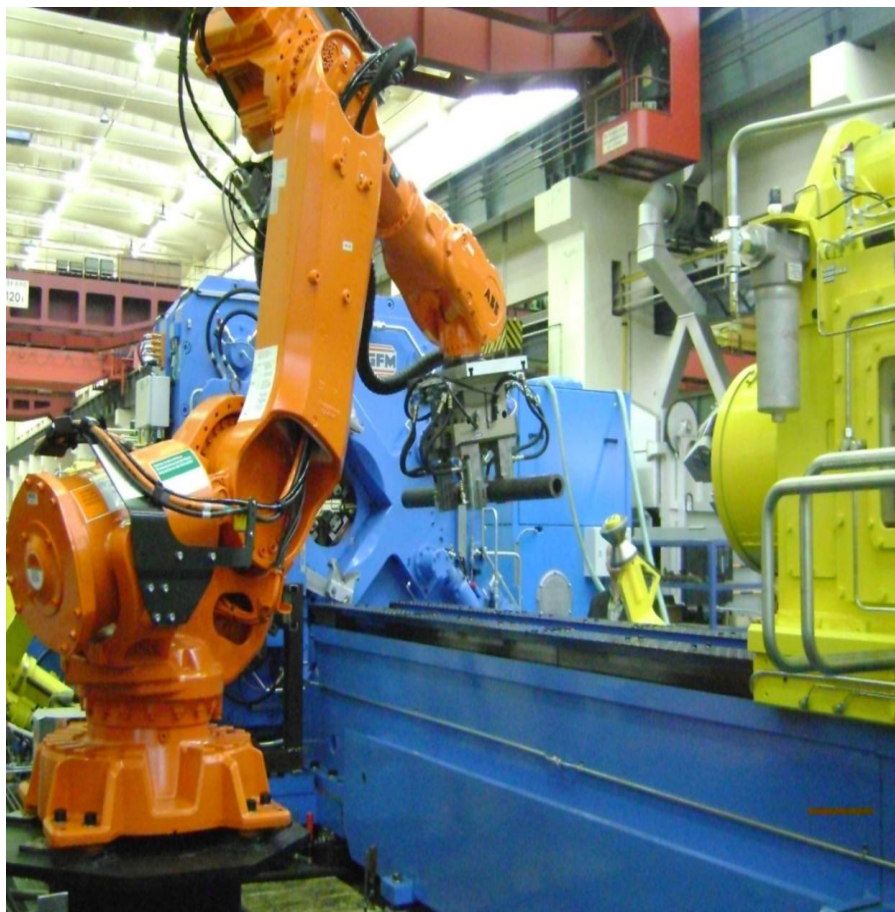
Суточное регулирование мощности в диапазоне 100-75-100 % $N_{НОМ}$ до 200 циклов в год

Первичное регулирование мощности в диапазоне ± 2 % $N_{НОМ}$

Выполнен расчетный анализ режима подъема мощности с 50 % до номинальной без 3-х часовой выдержки.

Результат положительный

Развитие технологии изготовления ядерного топлива



Радиально-ковочная машина

- ✓ допуск на наружный диаметр $\pm 0,04$ мм (было $\pm 0,05$ мм)
- ✓ разнотолщинность не более 0,05 мм (новый параметр)
- ✓ шероховатость не более 0,6 мкм (было 1 мкм)



Прокатные станы

Развитие технологии изготовления ядерного топлива



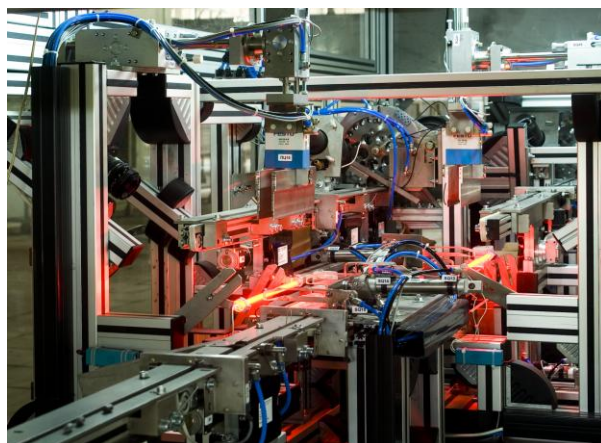
Участок получения порошка диоксида урана методом ВПГ



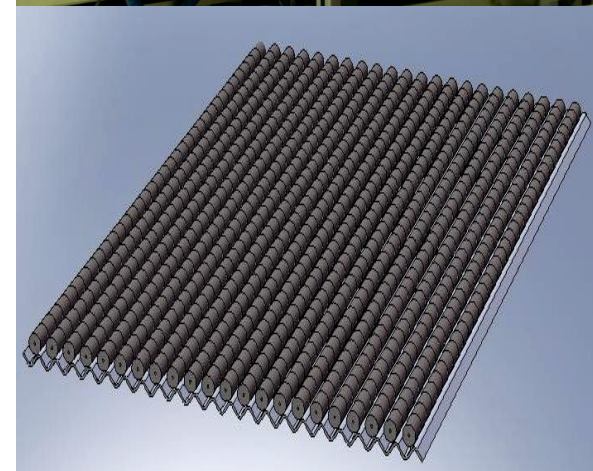
Линия для изготовления таблеток



Укладчики прессованных таблеток в лодочку для спекания



Установка опико-электронного контроля внешнего вида таблеток



Топливные таблетки на паллетах

Развитие технологии изготовления ядерного топлива



Линия изготовления твэлов



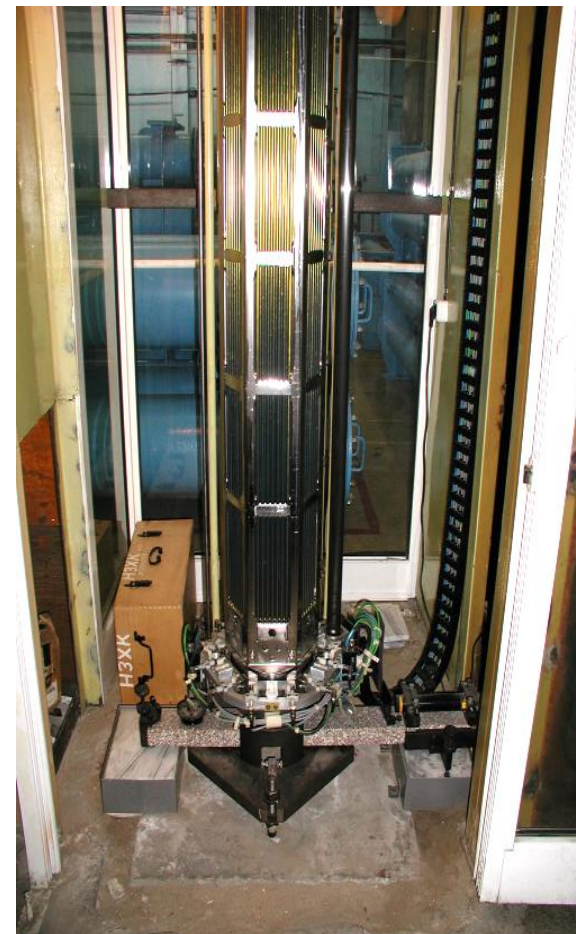
Роботизированный комплекс сборки-сварки каркасов ТВС



Автоматизированный станд сборки пучка ТВС



Роботизированный комплекс контактной точечной сварки дистанционирующих решеток



Оптико-электронный комплекс контроля геометрии ТВС

Движение к нулевому отказу

Цель:

Достижение нулевого отказа ядерного топлива и эксплуатация «чистых» активных зон.

Задача:

Разработка и реализация комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на исключение причин отказа ядерного топлива реакторов ВВЭР.

Результат:

Снижение дозовой нагрузки на персонал, улучшение экологической обстановки, снижение издержек АЭС на приобретение свежего топлива и обращение с отработавшими ТВС, уменьшение длительности ППР, укрепление престижа российских ядерных технологий.



Движение к нулевому отказу

Проектирование

1. Квалификация персонала
2. Обоснованные технические решения
3. Защита от повреждающих эксплуатационных факторов (дебризы, вибрация, ВХР, ТТО и пр.)



Изготовление

1. Квалификация персонала
2. Качество комплектующих
3. Культура производства
4. Автоматизация сборки
5. Контроль качества продукции



Эксплуатация

1. Квалификация персонала
2. Соблюдение режимов эксплуатации
3. Обеспечение чистоты контура от посторонних предметов
4. Выполнение требований ТТО

Нулевой отказ топлива



Движение к нулевому отказу

Подготовлен к подписанию Меморандум между ОАО «ТВЭЛ» и ОАО «Концерн Росэнергоатом» о намерениях по проведению совместных действий для достижения нулевого уровня отказа ядерного топлива



Заключение

- Новые конструкции ТВС
- Новые автоматизированные технологии изготовления ядерного топлива
- Движение к нулевому отказу



- Повышение надежности и безопасности эксплуатации
- Повышение экономической эффективности топливоиспользования
- Сокращение количества ОЯТ



Рост конкурентоспособности и социальной приемлемости атомной генерации