

Российская академия наук

***Совет по приоритетному направлению
Стратегии научно-технологического развития РФ***

**Развитие современных технологий атомной
энергетики с тепловыми реакторами**

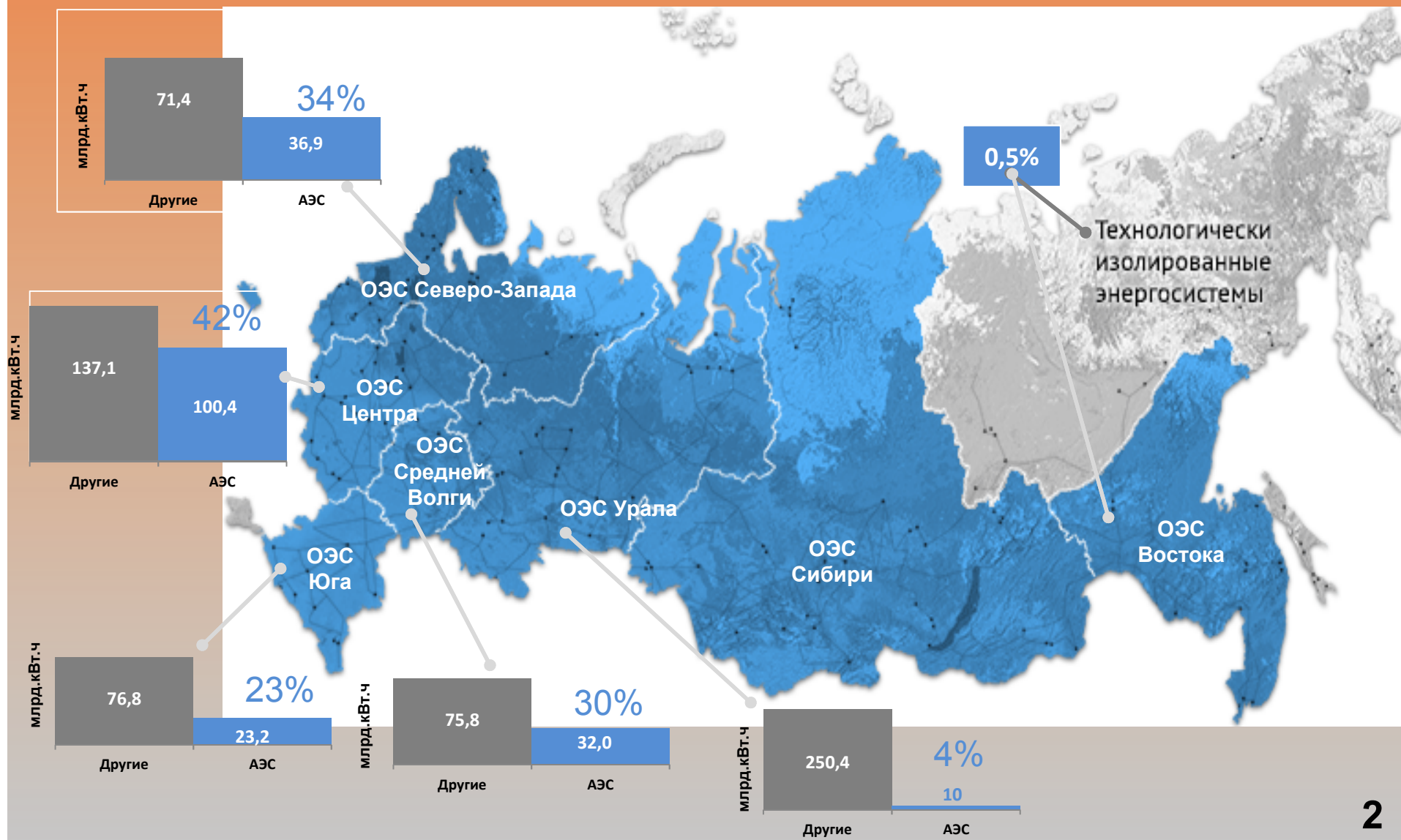


РОСАТОМ

***Асмолов Владимир Григорьевич, д.т.н., профессор,
советник генерального директора ГК "Росатом"***

Москва, 25 октября 2018 г.

Доля АЭС в выработке электроэнергии России в 2017 г. - 19% (203 млрд. кВт·ч)



Атомная энергетика России

Статус

Системообразующий, эффективный и безопасный энергоисточник

18,5%

Всей производимой электроэнергии России

40%

Электрогенерации в Европейской части России

Экспорт АЭС – один из ключевых не сырьевых экспортов страны

Риски

Обострение конкуренции на внешнем рынке за счет появления кроме традиционных конкурентов (США, Франция, Япония, Канада) новых игроков (Китай, Южная Корея), предлагающих:

аналогичные технологии по более низкой цене за счет «дешевой безопасности»

дешевые кредиты в неограниченном объеме

Цели

Сохранение и развитие как атомной генерации внутри страны, так и атомного экспорта за счет:

повышения эффективности и безопасности технологии ВВЭР

Внедрения в ЯЭС ядерных энерготехнологий на базе реакторов на быстрых нейтронах ЗЯТЦ и создания двухкомпонентной ЯЭС

Совершенствование технологии ВВЭР

необходимо для:

◆ перехода от открытого
к замкнутому топливному циклу

◆ эффективной работы
в двухкомпонентной ядерной
энергетической системе



Пути совершенствования технологии ВВЭР

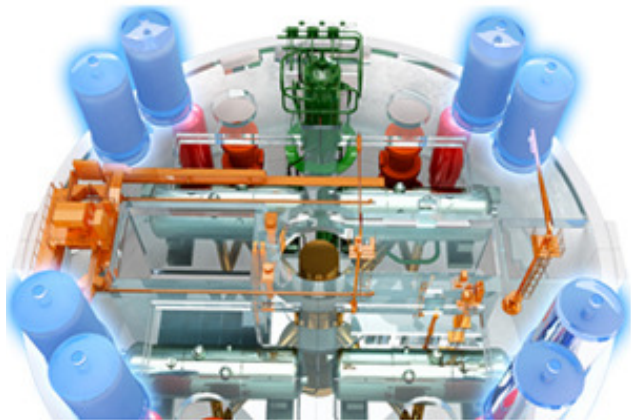
- ◆ Повышение КВ
- ◆ Снижение расхода природного урана
- ◆ Отказ от борного регулирования
- ◆ Отказ от циркониевых сплавов в АЗ
- ◆ Повышение КПД
- ◆ Возможность работы в ОЯТЦ и ЗЯТЦ

Приоритетные задачи ЯЭК России

Дальнейшее
развитие
технологии
ВВЭР

Обоснование и реализация предложений по:

- повышению потребительской привлекательности (надежность, безопасность, маневренность и т.д.)
- созданию ВВЭР со спектральным регулированием для эффективной работы в открытом и замкнутом топливном цикле (до 2030 года)
- созданию ВВЭР-СКД с закритическими параметрами теплоносителя (совместно с Generation-4, 2040 год)
- разработке новых конструкционных материалов для ВКУ и оболочек ТВЭЛОВ
- внедрению новых выгорающих поглотителей
- реализации топливно-ресурсного обеспечения с созданием оптимальной структуры ЯТЦ (улучшение топливоиспользования, повышение коэффициента воспроизводства)



Модернизация проекта ВВЭР-ТОИ

- ◆ Сокращение капитальных и эксплуатационных затрат с учетом полученного опыта сооружения и лицензирования;
- ◆ Обеспечение конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках;
- ◆ Повышение потребительской привлекательности продукта;
- ◆ Соответствие достигнутому уровню безопасности;
- ◆ Обеспечение возможности работы в условиях двухкомпонентной ядерной энергетической системы в ближнесрочной и среднесрочной перспективах (в условиях открытого и закрытого ядерного топливного цикла)

Эволюционное развитие ВВЭР-С

- ◆ Снижение расхода природного урана в открытом топливном цикле – (130-135) т/ГВт(э)·год;
- ◆ Уменьшение количества поглотителей в активной зоне в процессе выгорания, включая борную кислоту;
- ◆ Обеспечение возможности работы в замкнутом топливном цикле с КВ ~0,7-0,8;
- ◆ Отказ от циркониевых сплавов в активной зоне.

Основным методом решения поставленных задач выбран метод регулирования спектра нейтронов в активной зоне ВВЭР в процессе его работы.

Четыре составляющие запаса реактивности в начале кампании

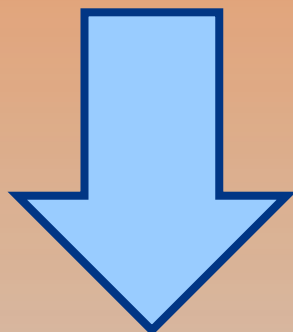
- 1 На разогрев
- 2 Для выхода на мощность
- 3 На ксеноновое отравление
- 4 На выгорание

Первые три запаса слабо изменяемы для ВВЭР

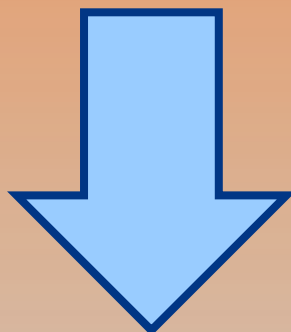
Запас на выгорание компенсируется:
гадолинием в твэгах и бором в теплоносителе

Основной эффект спектрального регулирования

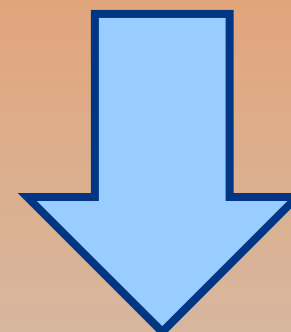
Увеличение захвата ^{238}U в начале кампании $\geq 10\%$
(в сравнении с захватом в штатной активной зоне)



Отказ от компенсации
запаса реактивности
за счет борной
кислоты



Отказ
от циркониевых
сплавов в
активной зоне



Уменьшение начальной
загрузки ^{235}U – снижение
запаса реактивности

Основные направления экспериментальных исследований

Исследования должны включать обширную экспериментальную программу, которая состоит из трёх основных частей:

1

Эксперименты по повторному заливу с целью обоснования безопасности при авариях типа LOCA в тесных решётках

2

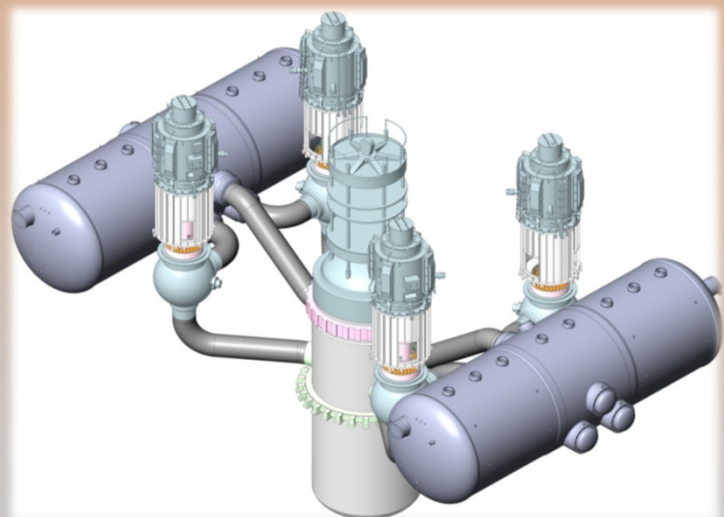
Эксперименты по определению критического теплового потока в тесных решётках

3

Нейтронно-физические критические эксперименты для тесных решёток

Технические характеристики РУ ВВЭР-С

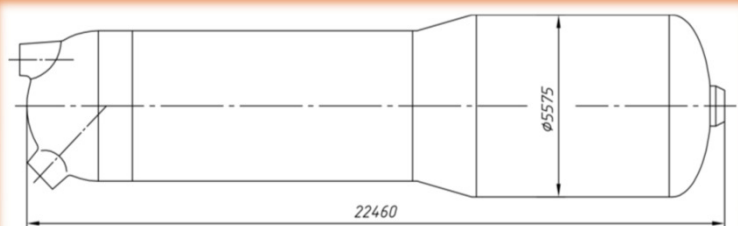
Вариант
компоновочного
решения
2-х петлевой РУ



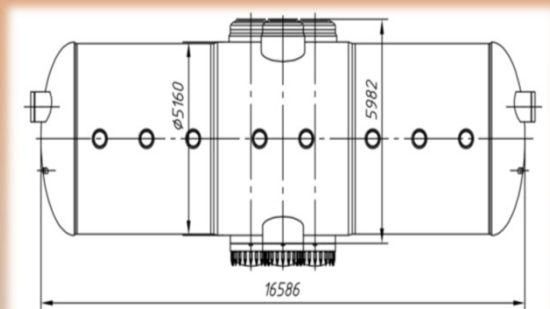
Параметр	ВВЭР-С
Организации-разработчики	АЭП, ОКБ ГП, НИЦ КИ
Мощность тепл./эл., МВт	3300 / 1250
КПД АЭС, %	33 ↑
Давление в первом контуре, МПа	16.2
Температура на входе / выходе реактора, °С	297 / 329
Высота / диаметр АЗ, м	3,4 / 4,57
Стадия разработки проекта РУ	ТЭИ
Срок, требуемый для завершения НИОКР и выпуска технического проекта РУ, лет	10
Необходимость сооружения опытно-промышленной установки	отсутствует 12

Технические характеристики РУ ВВЭР-С

Реализация проекта:



AP1000



ВВЭР-С

Сравнение габаритов парогенераторов

Характеристика парогенератора	Проект	
	AP-1000	ВВЭР-С
Габариты парогенератора, м: длина / диаметр	22,46 / 5,57	16,59 / 5,16
Масса парогенератора, т	698	513
Тепловая мощность одного парогенератора, МВт	1700	1650

Возможные временные рамки развития эволюционного варианта ВВЭР-С

2018–2025 гг.

Выполнение предпроектных и базовых НИОКР для АЭС с эволюционным вариантом ВВЭР-С (материалы, коды, базы данных, бенчмарки, стендовая база)

2020–2024 гг.

Проектирование АЭС с эволюционным вариантом ВВЭР-С (концептуальный проект, техническое предложение, эскизный проект, технический проект)

2025–2030 гг.

Сооружение головной АЭС с эволюционным вариантом ВВЭР-С

НИЦ «Курчатовский институт» совместно с ОКБ «Гидропресс» и ОАО «Атомэнергопроект» завершил разработку технических требований к реактору ВВЭР-С, которые переданы на рассмотрение в концерн «Росэнергоатом», и оценил ресурсы и затраты (~14 млрд руб.)

ВВЭР-СКД

ВВЭР-СКД = ВВЭР-С + сверхкритика

- **увеличение КВ до 1,0;**
- **увеличение КПД до 45%;**

**Разрабатывается параллельно с ВВЭР-С
в международной кооперации (G-4).**

Срок разработки – 15 лет.

Затраты до 2024 года – 160 млн руб. / год.

Планируемые временные рамки развития эволюционного варианта ВВЭР-С

**2019-
2025 гг.**

Разработка ТЗ, эскизного и концептуального проектов, выполнение предпроектных и базовых НИОКР (материалы, коды, базы данных, бенчмарки, стендовая база)

**2021-
2028 гг.**

Проектирование АЭС.
Завершение НИОКР в обоснование проектных решений.

**2028-
2033 гг.**

Сооружение головной АЭС.

Приоритетные задачи ЯЭК России

Расширение
рынков сбыта
энергии
от ядерных
энерго-
источников

**Обоснование и реализация
предложений по:**

- ◆ **производству низко- и высокопотенциального тепла;**
- ◆ **производству новых энергоносителей;**
- ◆ **опреснению морской воды.**

**Спасибо
за внимание !**

