



РОСАТОМ

*3-я ежегодная научно-практическая конференция СРО
атомной отрасли «АтомСтройСтандарт-2016»*

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Атомные станции малой мощности. Принципы и подходы к сооружению наземных АСММ.

Предприятие АО «Русатом Энерго Интернешнл»

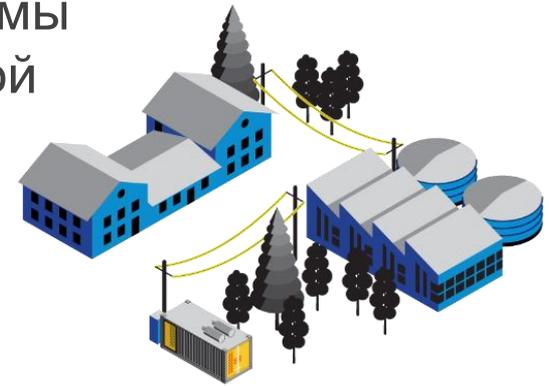
Докладчик Жарков Олег Борисович

г. Москва, октябрь 2016

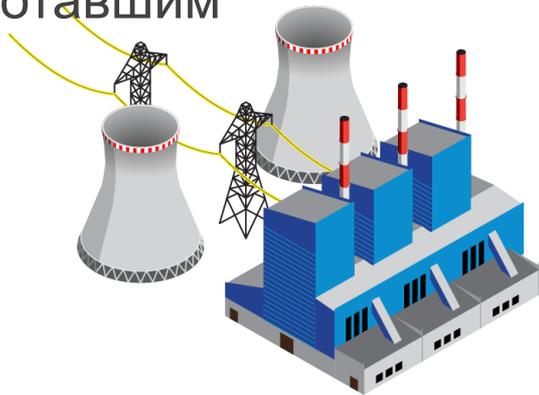
Территориально удалённые регионы: пустыни, острова, Арктика и т. п.



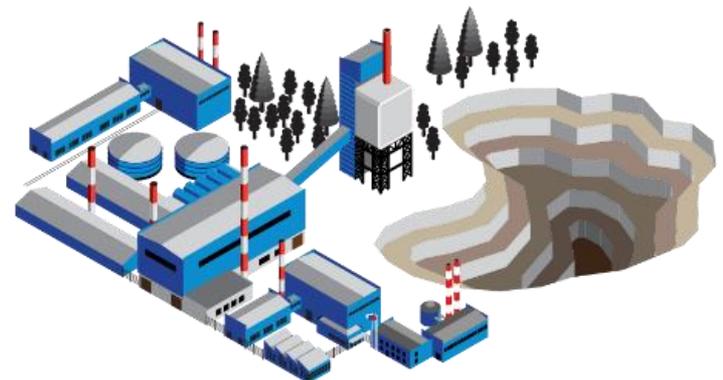
Изолированные энергосистемы ограниченной мощности



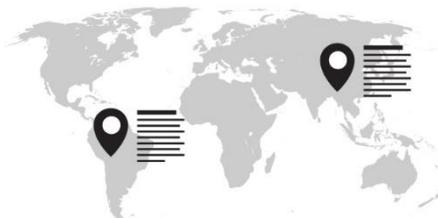
На замену отработавшим ТЭС



Энергоёмкие и перерабатывающие предприятия



Условия площадки



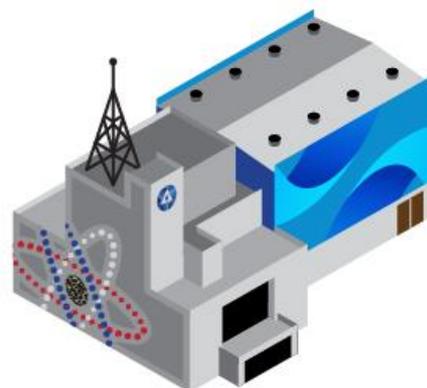
Нормативная база



Требования заказчика



Маркетинговые исследования



Конфигурация объекта



Опыт эксплуатации транспортных реакторных установок

Подходы к формированию технико-экономических требований к АСММ

Облик объекта как стадия формирования Продукта

Обликовый проект АСММ предназначен для проведения комплексной технико-экономической оценки целесообразности осуществления инвестиций в объект капитального строительства.

Задачи

Определить граничные условия

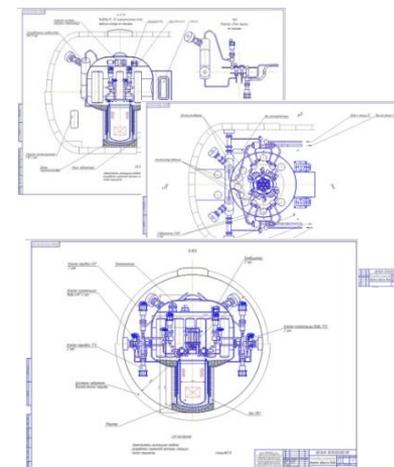
- экономические;
- технические;
- технологические.

Показать реализуемость технических решений

- сформировать пакет инженерной документации;
- определить основных поставщиков.

Сформулировать выводы

- перспективность реализации;
- план инвестиций.





Перспективная линейка АСММ

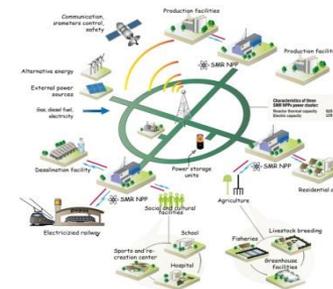
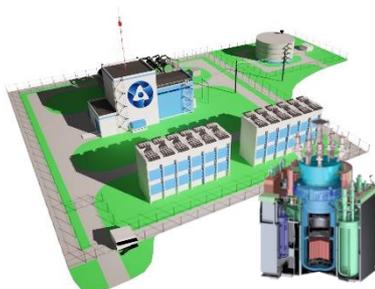
Перспективное продуктовое предложение ГК «Росатом»

6 МВт АСММ на базе Шельф

8-16 МВт АСММ на базе АБВ-6

45-90 МВт АСММ на базе РИТМ-200

45-225 МВт Энергетический кластер



- Интегральная двухконтурная РУ
- Подводный и наземный варианты размещения

- Автономная высоконадежная РУ
- Базовый источник энергии до 16 МВт

- Эффективное энергетическое решение
- Ниша генераций до 100 МВт

- Инновационное энергетическое решение для инфраструктурных проектов

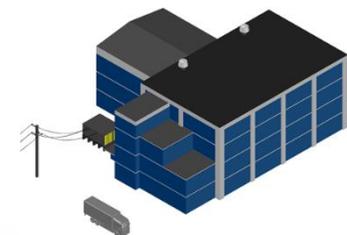
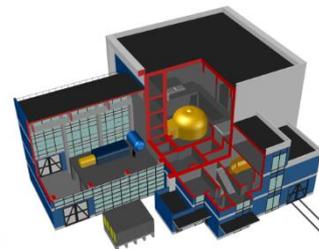
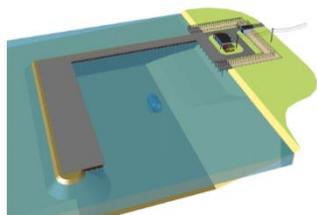
Мощность	6,4 МВт(э)	Мощность	9 МВт(э)	Мощность	45 МВт(э)	Мощность	225 МВт(э)
CAPEX	48 млн \$	CAPEX	60 млн \$	CAPEX	215 млн \$	CAPEX	1 015 млн \$
LCOE	25 цент/кВт*ч	LCOE	22 цент/кВт*ч	LCOE	15 цент/кВт*ч	LCOE	12 цент/кВт*ч
Удельные капвложения	~ 7 500 \$/кВт	Удельные капвложения	~ 7 000 \$/кВт	Удельные капвложения	~ 4 800 \$/кВт	Удельные капвложения	~ 4 500 \$/кВт

- В основе экономического моделирования использованы принципы расчета полной стоимости владения АСММ.
- Экономические показатели АСММ рассчитаны с учетом средней стоимости за единицу полезного веса РУ $\geq \$50$ за 1 кг.
- Экономические показатели АСММ считать целевыми для обеспечения конкурентоспособности на мировом рынке.

Основные характеристики АСММ с РУ Шельф для вариантов исполнения



Основные характеристики РУ	Подводное размещение	Капсула с РУ + турбомодуль	Капсула с РУ + ТО	1 РО + 1 ТО	2 РО + 2 ТО	1 РО с 2 РУ + 1 ТО с 2 ТГУ
Мощность, МВт(э)	6,4	6,4	6,4	6,4	2 x 6,4	2 x 6,4
Мощность, МВт(т)	28	28	28	28	2 x 28	2 x 28
КПД блока, %	23	23	23	23	23	23
Расчетное давление пара, МПа	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Расчетная температура пара, °С	260	260	260	260	260	260
Перегрузка топлива	На заводе-изготовителе			На месте		
Срок службы до, лет	60*	60*	60*	60*	60*	60*
Площадь застройки, м ²	240	870	1050	920	1580	1310
Постоянный персонал, чел	6 чел в смену/отсутствует**					
Строительный объем РО, м ³ / в т.ч. подземной части	- / -	10 230 / -	10 230 / -	8 555 / -	16 195 / -	13 / 400
Строительный объем ТО, м ³	-	-	3 250	3 250	3 250	5100
Срок строительства, мес	36	36	36	36	36	36

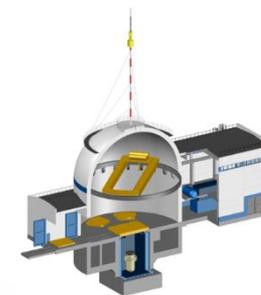
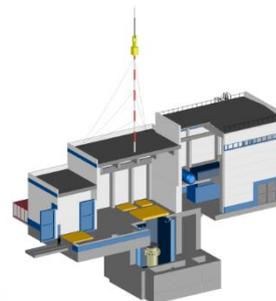


*целевое значение

**в числителе значение для пилотной станции, в знаменателе – для серийной

Основные характеристики АСММ с РУ АБВ-6 для вариантов исполнения

Основные характеристики РУ	Наземное расположение	Заглубленное расположение	С куполообразным контейментом
Мощность, МВт(э)	9	9	9
Мощность, МВт(т)	38	38	38
КПД блока, %	24	24	24
Расчетное давление пара, МПа	3,43	3,43	3,43
Расчетная температура пара, °С	285	285	285
Срок службы до, лет	60	60	60
Площадь застройки, м ²	670	670	820
Постоянный персонал, чел	6 чел в смену/отсутствует*	6 чел в смену/отсутствует*	6 чел в смену/отсутствует*
Строительный объем РО, м ³ / в т.ч. Подземной части	8 270 / –	8 270 / 2 250	15 500 / 4 150
Строительный объем ТО, м ³	3 500	3 500	3 500
Срок строительства, мес	36	36	36

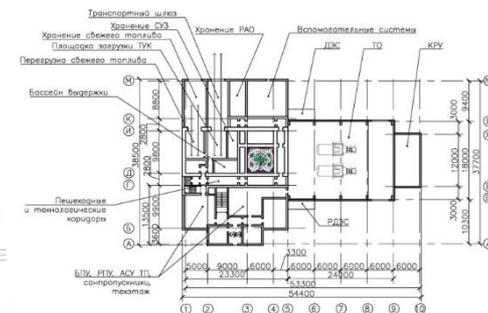
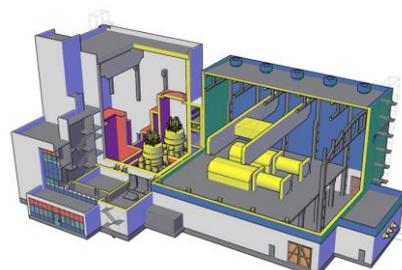
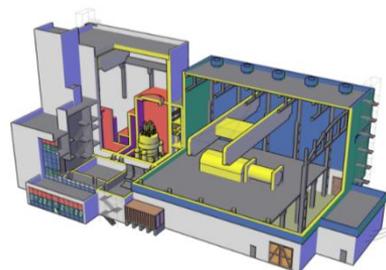


* В числителе значение для пилотной станции, в знаменателе – для серийной

Основные характеристики АСММ с РУ РИТМ-200 для вариантов исполнения



Основные характеристики РУ	1 РУ 100 %, 1 ТГУ 100 %	2 РУ 100 %, 2 ТГУ 100 %	1 РУ 100 %, 2 ТГУ 50 %
Мощность, МВт(э)	45	90	45
Мощность, МВт(т)	175	350	175
КПД блока, %	26	26	26
Расчетное давление пара, МПа	3,43	3,43	3,43
Расчетная температура пара, °С	285	285	285
Срок службы до, лет	60	60	60
Площадь застройки, м ²	1 490	1 810	1 390
Постоянный персонал, чел	13 чел в смену/отсутствует*	23 чел в смену/отсутствует*	13 чел в смену/отсутствует*
Строительный объем РО, м ³ / в т.ч. подземной части	8 300 / –	10 730 / –	10 730 / –
Строительный объем ТО, м ³	11 700	15 600	8 100
Срок строительства, мес	36	36	36



* В числителе значение для пилотной станции, в знаменателе – для серийной

Материковое наземное

+ Плюсы

- Меньшие кап.затраты по сравнению с подземным размещением
- Неограниченное месторасположение

– Минусы

- Необходимость дополнительных монтажных работ оборудования ДЦИ



АСММ с РУ АБВ-6 и
АСММ с РУ РИТМ-200

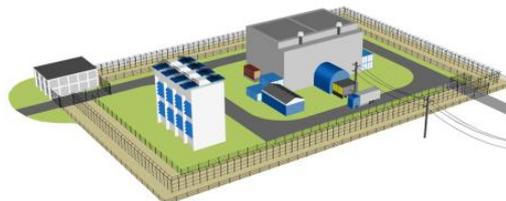
Транспортабельное наземное размещение

+ Плюсы

- Перегрузка топлива вместе с РУ
- Меньшие кап.затраты по сравнению с подземным размещением

– Минусы

- Ограниченное месторасположение



АСММ с РУ Шельф

Береговое размещение

+ Плюсы

- Логистика
- Возможность применения РУ в транспортабельном исполнении
- Высокая степень заводского изготовления

– Минусы

- Ограниченное месторасположение
- Сооружение причала и береговой инфраструктуры



АСММ с РУ АБВ-6
АСММ с РУ РИТМ-200 и
АСММ с РУ Шельф

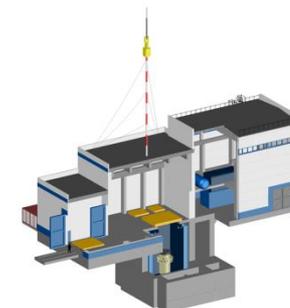
Подземное размещение

+ Плюсы

- Дополнительная защита от внешних воздействий

– Минусы

- Увеличенные кап.затраты
- Необходимость дополнительных монтажных работ
- Ограниченное месторасположение



АСММ с РУ АБВ-6
АСММ с РУ РИТМ-200 и

Критерий

Особенности площадки

Интеграция в национальную энергосистему

Безопасность атомных станций

Технические и иные характеристики

Ядерное топливо и характеристики топливных циклов

Радиационная безопасность

Воздействие на окружающую среду

Мероприятия физической защиты по предотвращению несанкционированного изъятия ядерного материала

Критерий

Обеспечение физической защиты станции и площадки

Объём поставки заказчика

Вопросы поставщика

Осуществимость графика проекта

Передача технологий и техническая поддержка

Экономические критерии

Требования к АСММ потенциальных Заказчиков



Параметр	Требование	Параметр	Требование
Мощность	$N \leq 100$ МВт(э)	Площадь застройки	< 2000 м ²
Обогащение	< 20 %	Строительный объём РО	$< 15\,000$ м ³
Кампания а. з.*	10 лет	Срок строительства	≤ 36 мес.
Срок службы	60 лет	LCOE** (реальные цены, ставка дисконт. 10 %)	< 22 цента/кВт·ч
Модульность	Да	CAPEX**	≤ 300 млн \$
Масса модулей	≤ 1500 т	Удельные кап. вложения**	≤ 8000 \$/кВт
Расход энергии на с. н.	< 5 %	Стоимость техпроекта РУ**	≤ 8 млн \$
Манёвренность	100–30–100 %		
Референтность	Да		

* Зависит от режима эксплуатации станции

** 1 \$ = 65 руб.

Требования к АСММ потенциальных Заказчиков



Параметр	Требование	Парметр	Требование
Топливо, имеющее референтность и технологии, освоенные промышленностью, включая этапы обращения	Да	Стадия разработки РУ (технический проект по ГОСТ 2.120-2013)	Да
Промышленное освоение (Освоено промышленностью + опыт вендора по трансферу технологий изготовления)	Да	Применение сертифицированных программных кодов	Да
Завершённость разработки/обоснований безопасности	Да	Возможность трансфера технологий	Да
Неограниченное время функционирования при запроектных авариях	Да	Патентная чистота	Да
Сроки окончания всех НИОКР	≤ 1 года	Открытость технологий РУ для гражданского применения на Международных рынках	Да
Стоимость окончания всех НИОКР*	≤ 12 млн \$	Готовность изготовления оборудования ДЦИ	до IV кв. 2018

* 1 \$ = 65 руб.

Конкурентные преимущества атомных станций малой мощности



Высокая степень транспортной мобильности

~ 200–1100 т (в зависимости от концепции размещения)



Сжатые сроки сооружения

До 36 месяцев

Альтернативный подход к перегрузке ядерного топлива

Перегрузка совместно с РУ
Перегрузка на площадке АСММ



Гибкость по наращиванию генерирующей мощности

6,4 МВт, 2×6,4 МВт, 3×6,4 МВт, ...
9 МВт, 2×9 МВт, 3×9 МВт, ...
45 МВт, 2×45 МВт, 3×45 МВт, ...



Использование компонентов референтных транспортных установок

Ледоколы Ленин, Россия,
50 лет Победы, ПАТЭС, УАЛ



Оптимизация капитальных затрат

CAPEX ~58–260 млн \$

Оптимизация стоимости эксплуатации

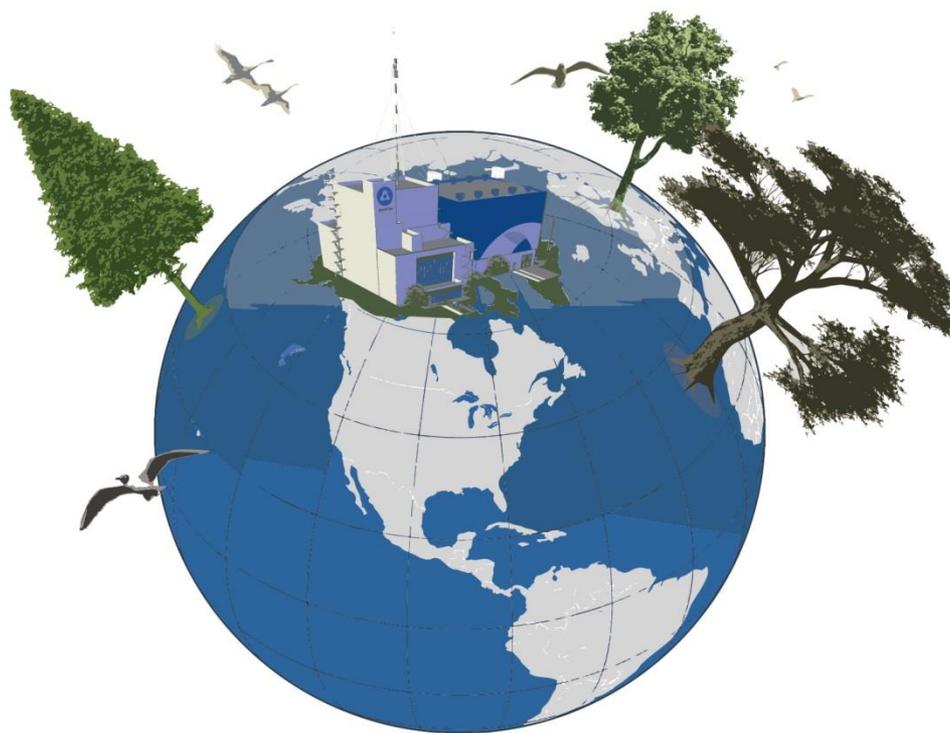
OPEX ~4–13 млн \$ в год

Возможность серийного заводского изготовления

Сокращение сроков изготовления модулей начиная с 3-го модуля



РОСАТОМ



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!