



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»

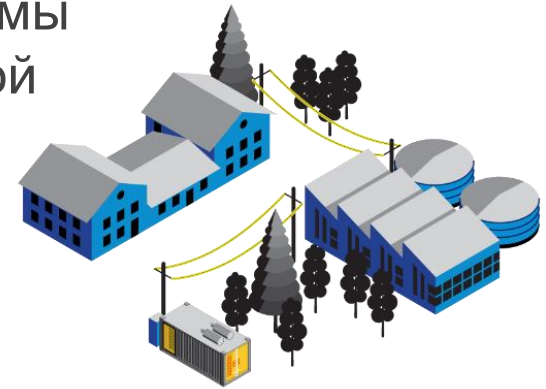
Докладчик Жарков Олег Борисович

г. Москва, октябрь 2016

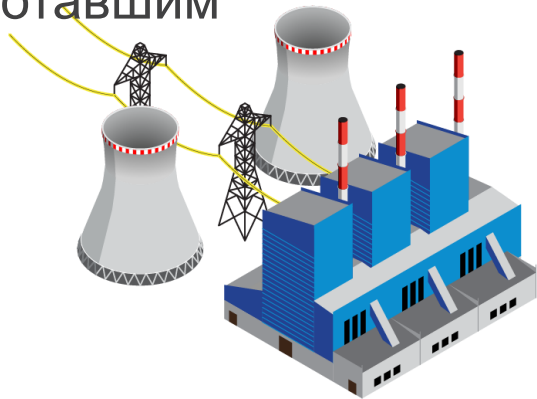
Территориально удалённые регионы: пустыни, острова, Арктика и т. п.



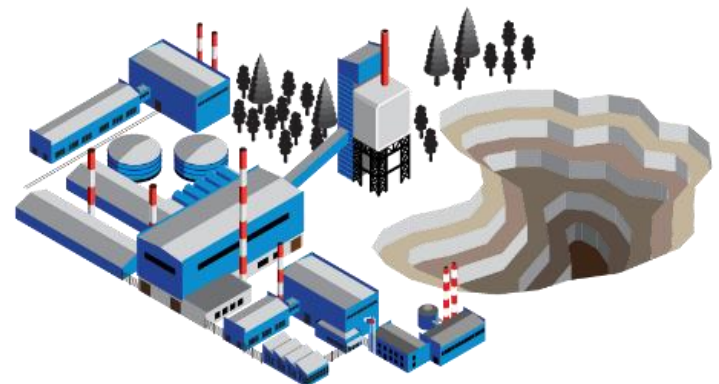
Изолированные энергосистемы ограниченной мощности



На замену отработавшим ТЭС



Энергоёмкие и перерабатывающие предприятия



Условия площадки

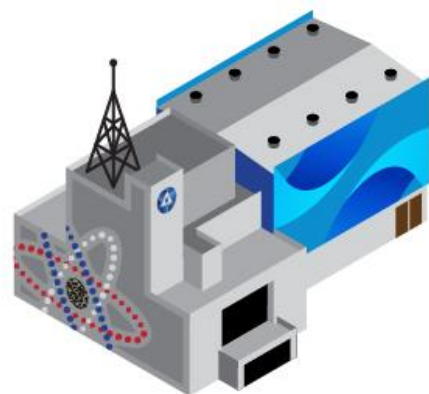


Требования заказчика

Нормативная база



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

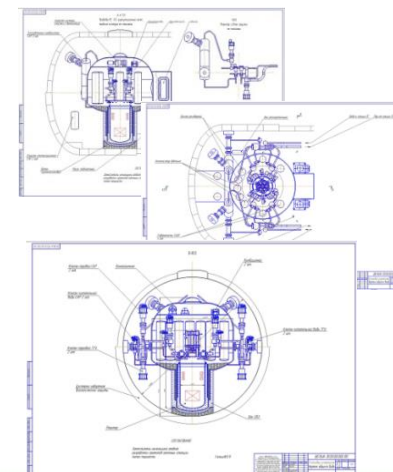
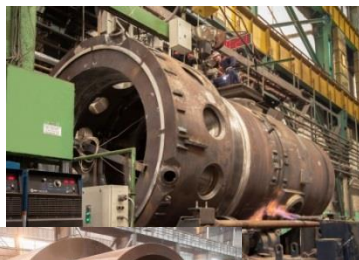
- экономические;
- технические;
- технологические.

### Показать реализуемость технических решений

- сформировать пакет инженерной документации;
- определить основных поставщиков.

### Сформулировать выводы

- перспективность реализации;
- план инвестиций.





# Перспективная линейка АСММ

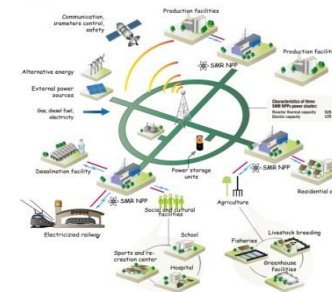
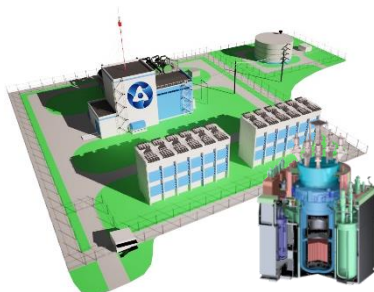
## Перспективное продуктовое предложение ГК «Росатом»

**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

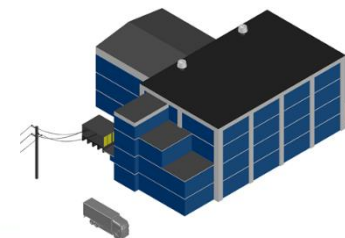
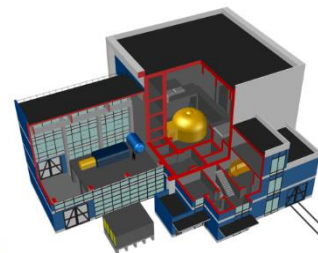
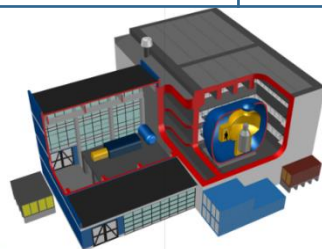
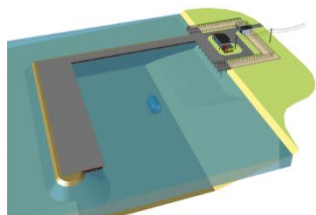
Мощность	6,4 МВт(э)	Мощность	9 МВт(э)	Мощность	45 МВт(э)	Мощность	225 МВт(э)
CAPEX	48 млн \$	CAPEX	60 млн \$	CAPEX	215 млн \$	CAPEX	1 015 млн \$
LCOE	25 цент/кВт*ч	LCOE	22 цент/кВт*ч	LCOE	15 цент/кВт*ч	LCOE	12 цент/кВт*ч
Удельные капвложения	~ 7 500 \$/кВт	Удельные капвложения	~ 7 000 \$/кВт	Удельные 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 <sup>2</sup>	240	870	1050	920	1580	1310
Постоянный персонал, чел	6 чел в смену/отсутствует**					
Строительный объем РО, м <sup>3</sup> / в т.ч. подземной части	- / -	10 230 / -	10 230 / -	8 555 / -	16 195 / -	13 / 400
Строительный объем ТО, м <sup>3</sup>	-	-	3 250	3 250	3 250	5100
Срок строительства, мес	36	36	36	36	36	36



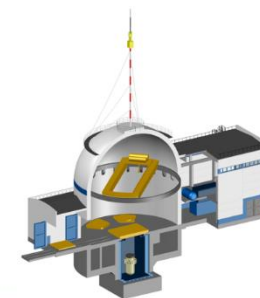
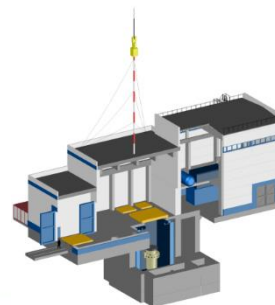
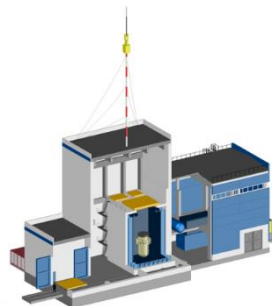
\*целевое значение

\*\*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 <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup> / в т.ч. Подземной части	8 270 / –	8 270 / 2 250	15 500 / 4 150
Строительный объем ТО, м <sup>3</sup>	3 500	3 500	3 500
Срок строительства, мес	36	36	36



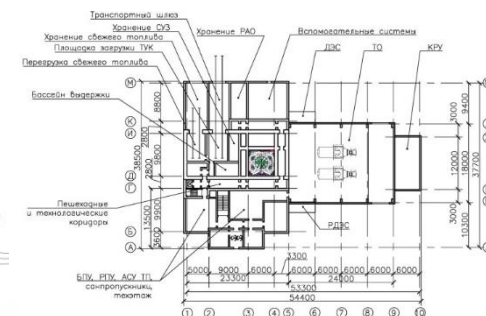
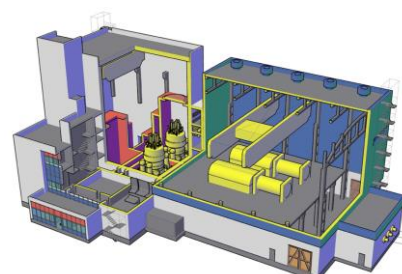
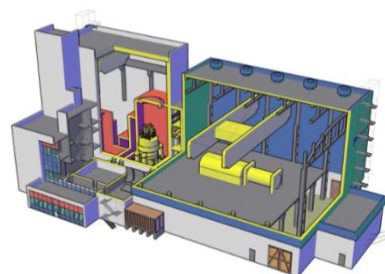
\* В числителе значение для пилотной станции, в знаменателе – для серийной



# 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 <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup> / в т.ч. подземной части	8 300 / –	10 730 / –	10 730 / –
Строительный объем ТО, м <sup>3</sup>	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

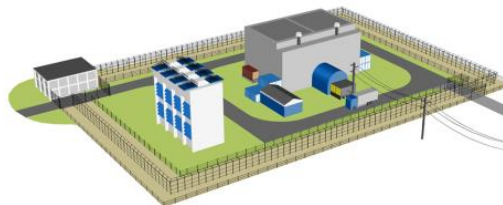
## Транспортабельное наземное размещение

### + Плюсы

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

### – Минусы

- Ограниченное месторасположение



АСММ с РУ Шельф

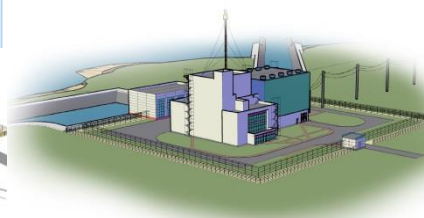
## Береговое размещение

### + 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

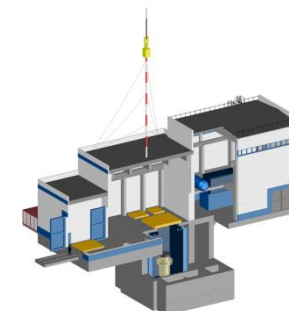
## Подземное размещение

### + 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 <sup>2</sup>
Обогащение	$< 20$ %	Строительный объём РО	$< 15\,000$ м <sup>3</sup>
Кампания а. з.*	10 лет	Срок строительства	$\leq 36$ мес.
Срок службы	60 лет	LCOE** (реальные цены, ставка дисконт. 10 %)	$< 22$ цента/кВт·ч
Модульность	Да	CAPEX**	$\leq 300$ млн \$
Масса модулей	$\leq 1500$ т	Удельные кап. вложения**	$\leq 8000$ \$/кВт
Расход энергии на с. н.	$< 5$ %	Стоимость техпроекта РУ**	$\leq 8$ 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



POCATOM



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**