



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»



Атомная генерация в обеспечение развития локальных энергетических сетей в Арктическом регионе

Пименов А.О., Кудинов В.В., Куликов Д.Г. (АО «НИКИЭТ»)

Москва, 2017



Целесообразность создания Конкурентные требования к АСММ



- **Экономическое преимущество перед другими видами генерации.** Ограничение максимальных уровней капитальных затрат, себестоимости электроэнергии, LCOE (с учетом сопутствующих затрат: налогообложение, экологические платежи, формирование резервных фондов, амортизационные платежи).

**Современная себестоимость кВт*ч с использованием дизель-генераторов на привозном сырье в районах децентрализованного энергообеспечения от 30 до 50 руб./кВт*ч.
В регионах с двухгодичным циклом доставки углеводородов – до 450 руб./кВт*ч.
АСММ способны обеспечивать локальные потребности в электроэнергии с показателями себестоимости 5 - 20 руб./кВт*ч.**

- **Логистика.** Массо-габаритные характеристики блоков АСММ должны позволять транспортировку на базе существующих транспортных средств, в том числе в Арктическом регионе.
- **Безопасность использования:**
 - Исключение аварийных ситуаций, требующих эвакуации населения и сверхнормативного воздействия на окружающую среду
 - Соответствие принятых проектных решений современным требованиям МАГАТЭ по противодействию распространению ядерных материалов и оружия.

Линейка атомных станций малой мощности разработки АО «НИКИЭТ»

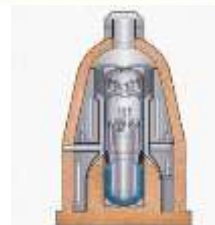
ВИТЯЗЬ



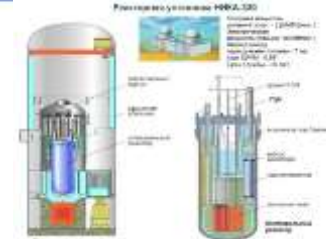
АТГОР



УНИТЕРМ



НИКА-330



1 МВт

1-10 МВт

10-50 МВт

> 100 МВт

ШЕЛЬФ-10



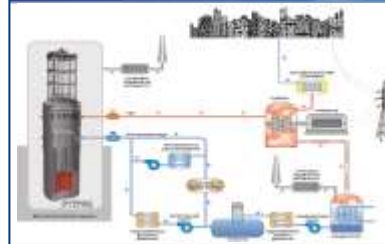
ШЕЛЬФ



КАРАТ-45



КАРАТ-100



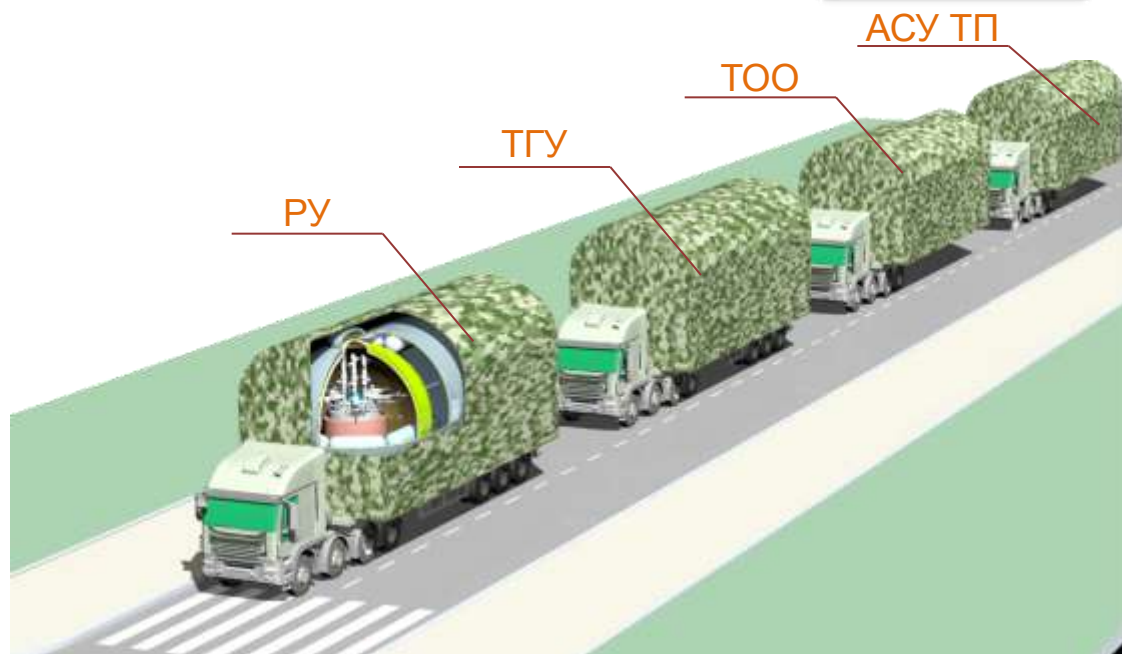
Транспортабельная энергоустановка на базе РУ «Витязь»

Блочная транспортабельная энергоустановка электрической мощностью 1 МВт представляет собой интегральную реакторную установку с водой под давлением.

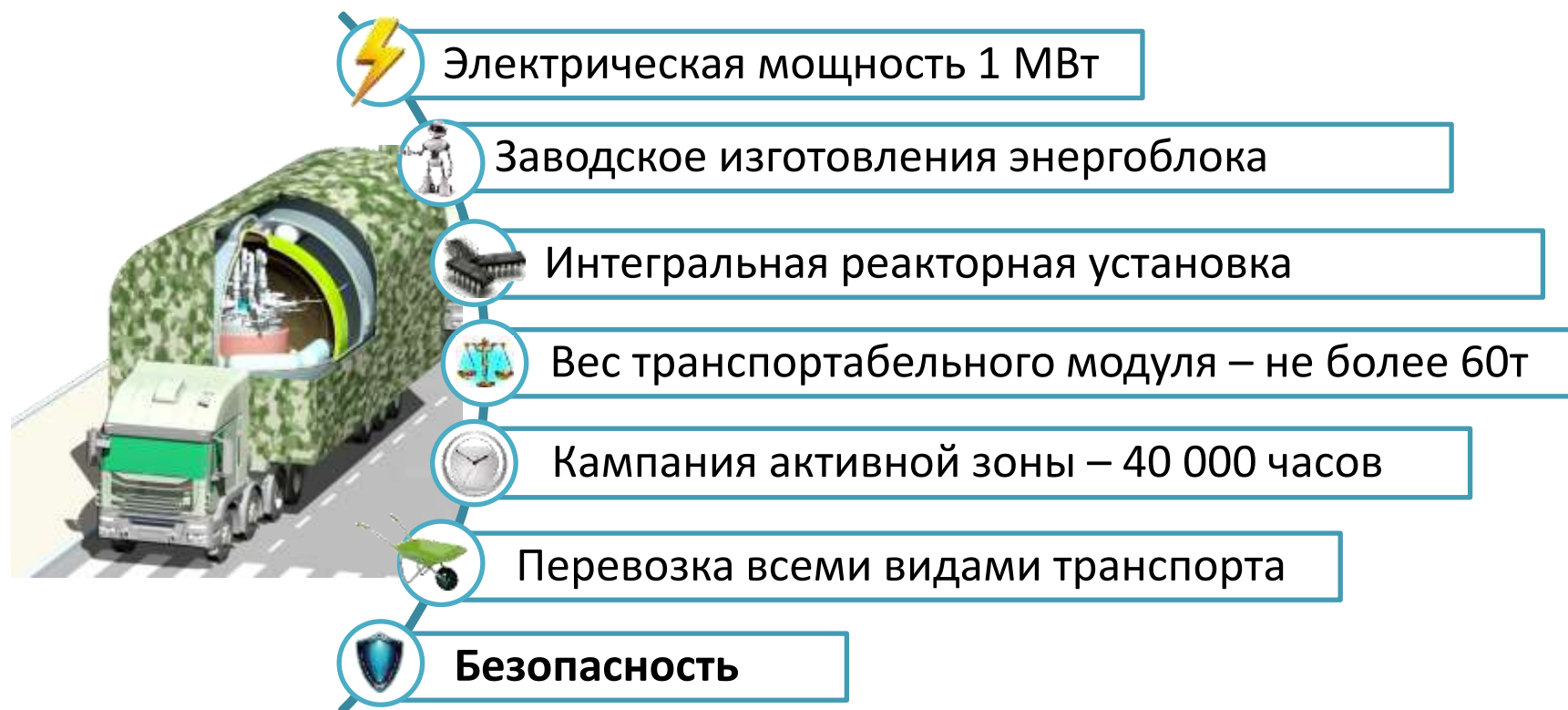
- АСММ на базе РУ Витязь предназначена для локального энергообеспечения потребителя в районах с децентрализованным энергоснабжением.
- Возможна поставка в виде функциональной и готовой к эксплуатации АСММ в составе 4 транспортабельных модулей на базе полуприцепа. «РУ + ТГУ + АСУ ТП + ТОО»
- Референтность принятых технических решений РУ «Витязь» обеспечивается находящимися в эксплуатации объектами.



Тип РУ	Интегральная водо-водяная
Компоновка	Блочная транспортабельная
Мощность тепловая / эл.	6 МВт(т) / 1 МВт(э)
Периодичность перегрузки	6 лет
Система сброса неиспользованного тепла	Охлаждение – воздушное с механической прокачкой воздуха. Местных источников воды не требуется.



ТАСММ на базе водо-водяного реактора



Комбинированная транспортабельная АСММ с газоохлаждаемой РУ «АТГОР»

АСММ с газоохлаждаемой РУ «АТГОР»:

- предназначена для локального энергообеспечения потребителя в районах с децентрализованным энерго- и теплоснабжением;
- имеет возможность пуска в условиях низких отрицательных температур (до -50°C) (использование системы воздушного охлаждения для отвода тепла);
- может иметь до 5-ти параллельных ГТУ на базе ГТД 9И56М (ОАО «Калужское опытное бюро моторостроения» (г.Калуга)) с двумя независимыми источниками тепла (основной - ядерный реактор и пусковой (резервный) камера сгорания). Теплоснабжение осуществляется с использованием серийно выпускаемого котла.

Мощность тепловая /
электрическая, МВт

Не более 3,5 (т) / 1,0 (э)

Энерговыработка
электрическая/ тепловая,
МВт·сут

не более 3 650/ 6 636

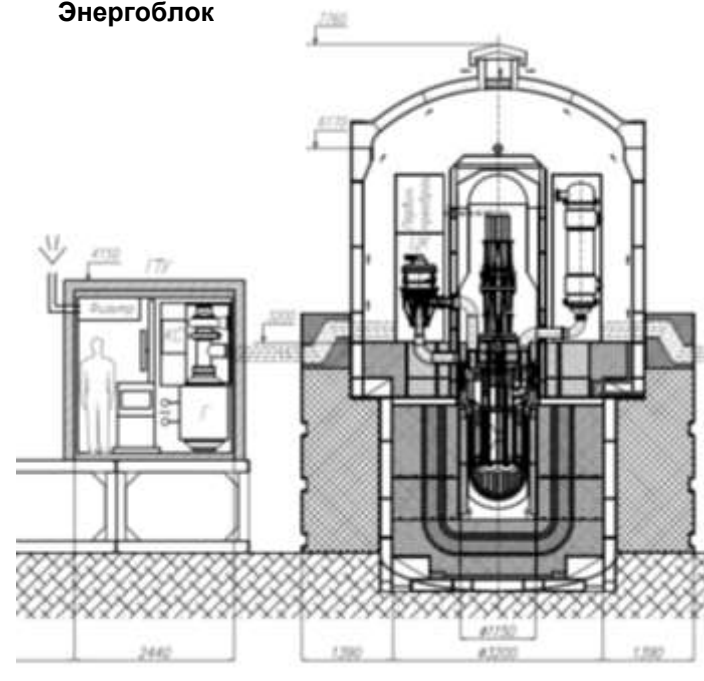
Периодичность перегрузки,
лет

10

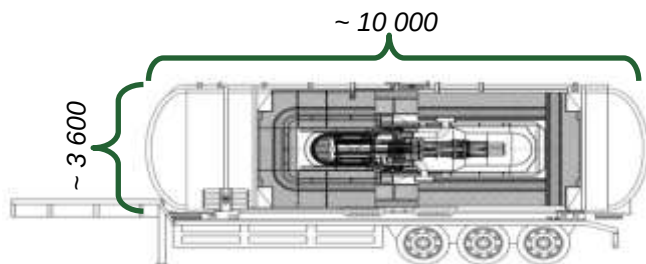
Срок службы, лет

60

Энергоблок



Компрессор



Полуприцеп УМАЗП-9990 с РУ «АТГОР»

ТАСММ с газоохлаждаемой установкой «АТГОР»



Срок эксплуатации 10 лет.



Электрическая мощность 0,4 .. 1,2 МВт



Диспетчерский режим с шагом 200 кВт



Эксплуатация во всех климатических зонах



Время разворачивания – менее 2 часов



Перевозка всеми видами транспорта



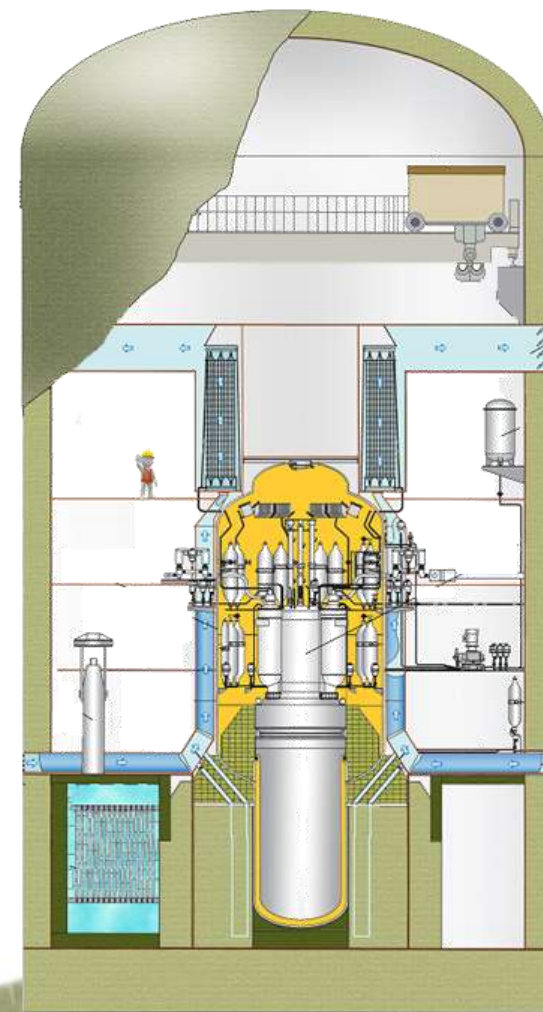
Безопасность

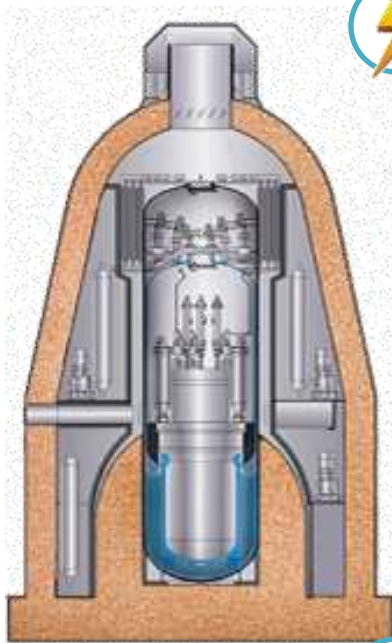


АСММ на базе РУ «УниTERM»

Основным элементом АСММ «УниTERM» является автономная длительного действия реакторная установка с мощностью одного энергоблока 6,6 МВт электрических.

Тип РУ,	Реактор водо-водяной под давлением
Компоновка	Интегральная, трехконтурная
Мощность тепловая / электрическая	6,6 МВт(э)
Мощность теплофикационного режима	3,48 МВт(э) и 9 Гкал/час
Периодичность перегрузки	15 лет
Требования к ремонту и тех. поддержке	КИУМ – 0,8. Срок службы – 60 лет
Референтность	РУ «УНИТЕРМ-30» разработана на основе опыта проектирования, изготовления и эксплуатации транспортных атомных энергетических установок водо-водяного и апробированных практикой технических решений
Масса и габариты транспортируемого модуля (наибольшие по размеру и весу)	Максимальный вес единичного оборудования, доставляемого на площадку АЭС – около 180 т. Максимальный габарит транспортной упаковки составляет 5050 x 10300 мм.





Электрическая мощность 6.6 МВт



Кампания активной зоны – 15 лет



Режим следования за нагрузкой



Автономная работа без оператора



Трехконтурная схема передачи тепла



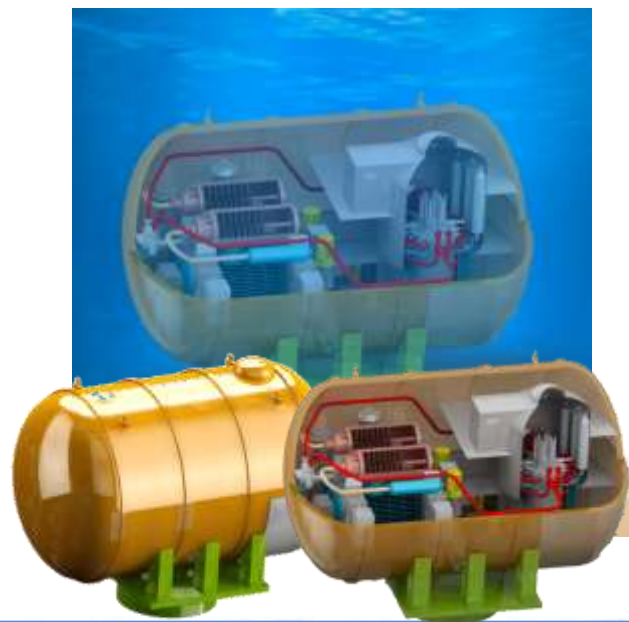
Естественная циркуляция в контурах



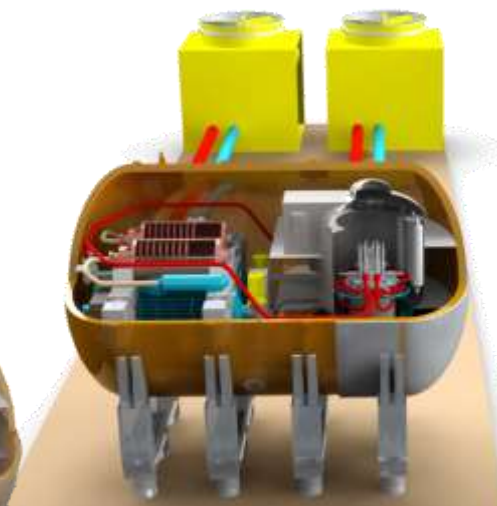
Естественная безопасность

- АСММ на базе РУ Шельф предназначена для энергообеспечения объектов военного и гражданского назначения в удаленных и труднодоступных районах с децентрализованным энергоснабжением.
- Возможна поставка в виде функциональной и готовой к эксплуатации энергокапсулы в составе «РУ + ТГУ» наземного или подводного исполнения.
- Референтность принятых технических решений АСММ на базе РУ «Шельф» обеспечивается находящимися в эксплуатации объектами.

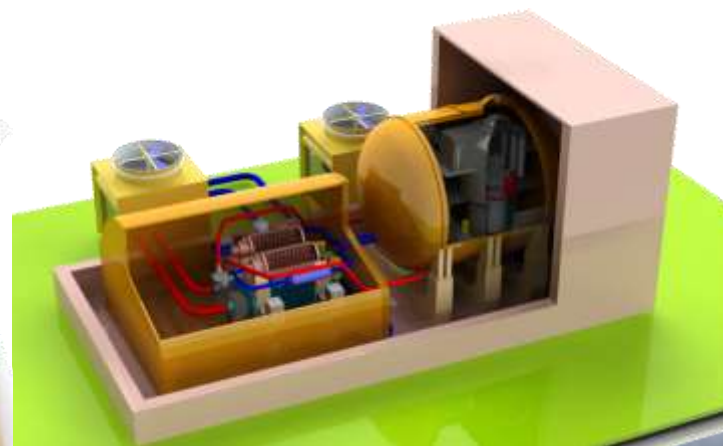
Подводное исполнение
«РУ + ТГУ»



Наземное исполнение
«РУ + ТГУ»



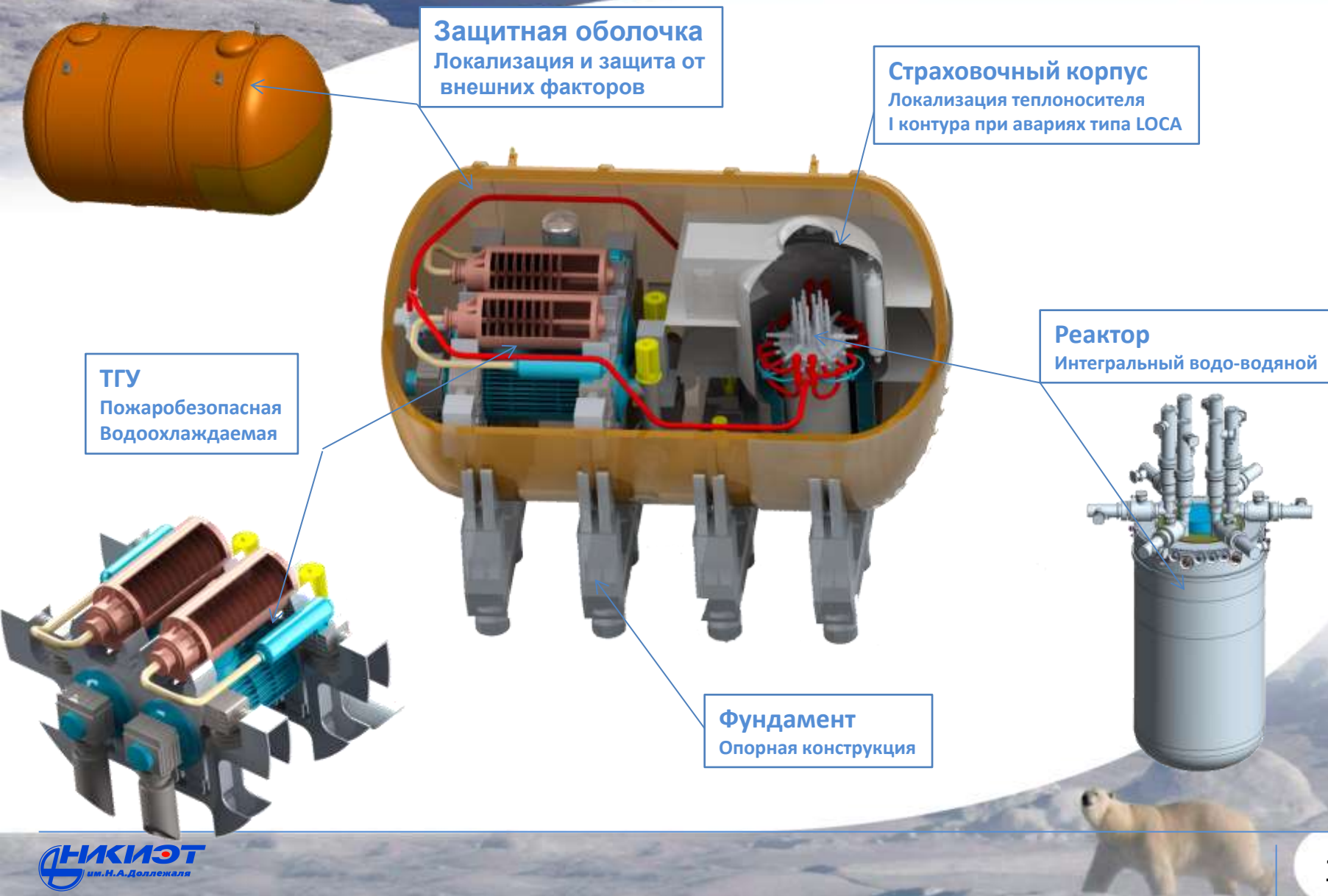
Наземное исполнение
«РУ» + «ТГУ»



Энергоблок АСММ на базе реакторной установки «Шельф»



РОСАТОМ



Характеристики реакторной установки «Шельф»



Тип РУ,	Реактор водо-водяной под давлением
Компоновка	Интегральная, двухконтурная
Мощность тепловая / электрическая	28 МВт(т) / 6,4 МВт(э)
Периодичность перегрузки	6 лет
Требования к ремонту и тех. поддержке	КИУМ – до 0,8. Срок службы до заводского ремонта – 10..12 лет.
Срок службы АТГУ	60 лет.
Референтность	РУ Шельф имеет действующий прототип - серийные транспортные установки, успешно эксплуатируются более 20 лет. Создание и освоение этих установок отмечено Государственной премией РФ.
Срок реализации проекта	Головной образец – 6 лет Срок сооружения в серии при партии от 6 установок – от 1.5 лет.
Масса и габариты транспортируемого модуля	Вес – 335 т. Диаметр капсулы 8 метров , длина 14 метров в исполнении АТГУ

Энергоблок АСММ на базе реакторной установки «Шельф»



Электрическая мощность 6.4 МВт



Заводское изготовление энергоблока



Автономная работа в течение года



Вес транспортабельного модуля – 375т.



Кампания активной зоны 40 000 часов



Перегрузка в заводских условиях



Безопасность

Предварительные показатели экономической эффективности АСММ «ШЕЛЬФ» для головного образца.

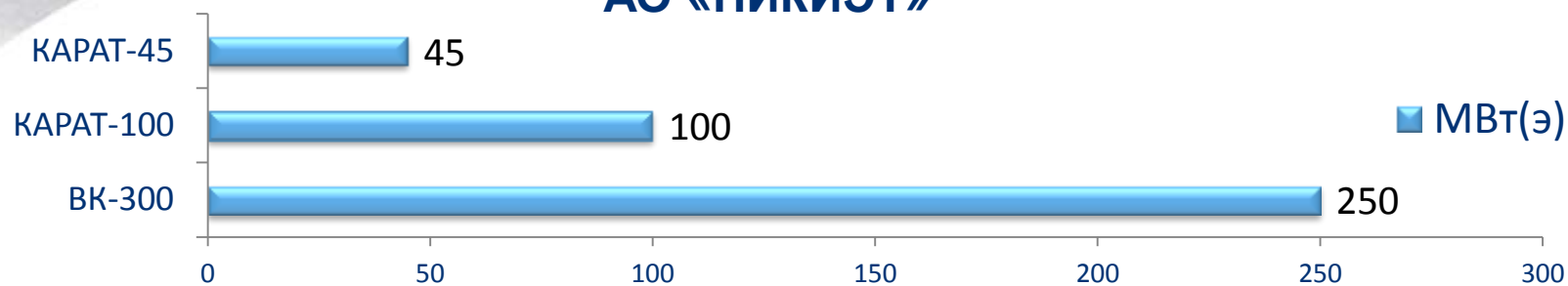


РОСАТОМ

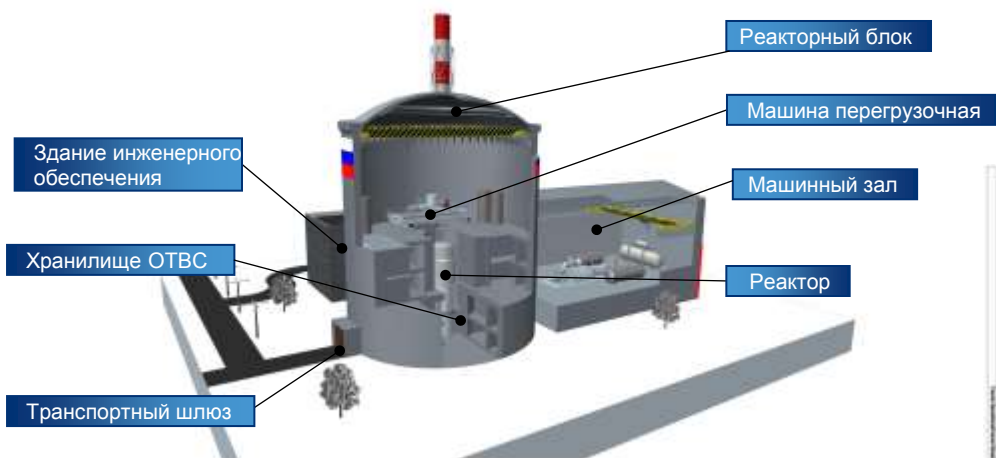
Исходные экономические показатели	
Капитальные затраты, млн руб.	4158
Эксплуатационные затраты, млн руб./год	391
Себестоимость электроэнергии, руб./кВт·ч	9,6
в том числе топливная составляющая, руб./кВт·ч	3,6
Отпускной (прогнозный) тариф, руб./кВт·ч	20
Простые показатели эффективности	
Период окупаемости, лет,	17
в том числе с момента ввода в эксплуатацию	14
Чистый доход за срок проекта, млн руб.	18800
Дисконтированные показатели эффективности	
Ставка дисконтирования (реальная), %	5
Дисконтированный период окупаемости, лет,	26
в том числе с момента ввода в эксплуатацию	23
Чистый дисконтированный доход, млн руб.	1980
Индекс доходности дисконтированных инвестиций, ед.	1,5
Внутренняя норма доходности, %	7,3
Удельная приведенная стоимость электроэнергии	
LCOE (CAPEX), руб./кВт·ч	6,0
LCOE (OPEX), руб./кВт·ч	4,1
LCOE (FUEL), руб./кВт·ч	3,4
LCOE TOTAL, руб./кВт·ч	13,5

Мощностная линейка кипящих реакторов малой мощности

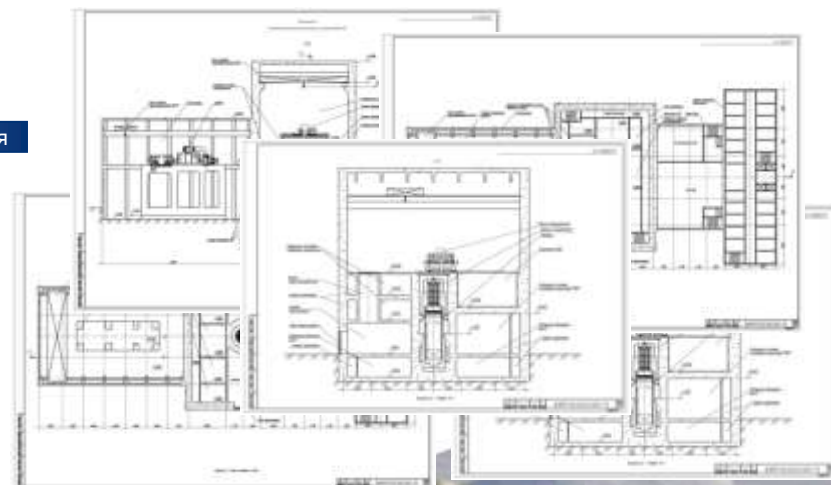
Мощностная линейка кипящих реакторов разработки АО «НИКИЭТ»



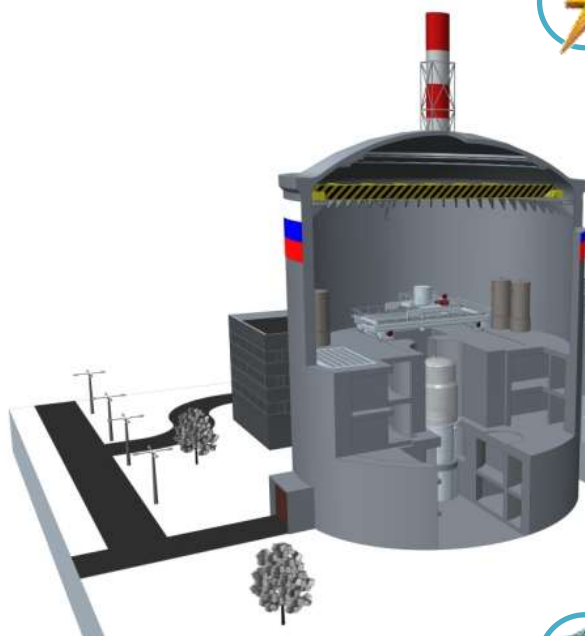
ОБЩИЙ ВИД ЭНЕРГОБЛОКА



КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА



АСММ с кипящими корпусными реакторами типа «КАРАТ»



Электрическая мощность 45 / 100 МВт



КПД в режиме когенерации свыше 60%



Естественная циркуляция во всех режимах



Срок службы – не менее 80 лет.



Саморегулирование мощности



Одноконтурная схема

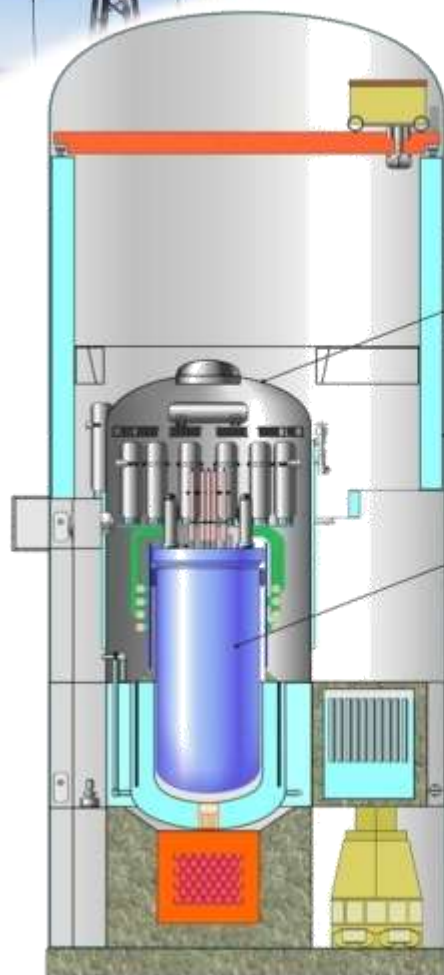


Безопасность

Реакторная установка НИКА-330



Тепловая мощность
активной зоны - 330 МВт(тепл.)
Электрическая
мощность станции - 100 МВт(эл.)
Период между
перегрузками топлива - 7 лет
(при КИУМ - 0,65)
Срок службы - 60 лет

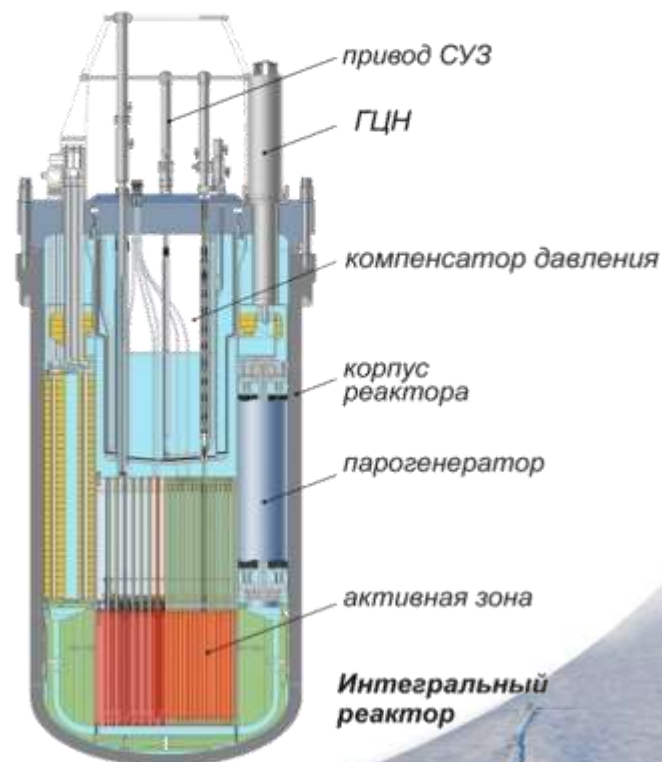


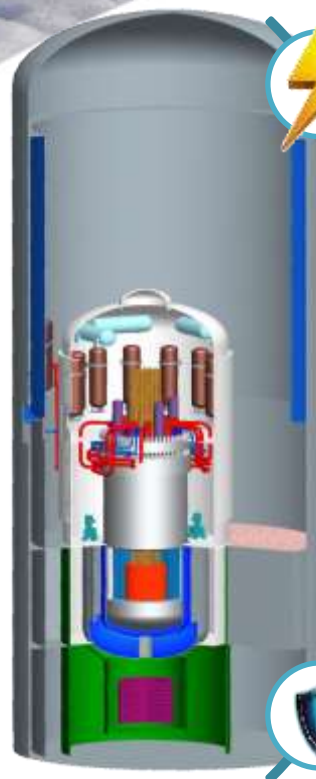
страховочный корпус

защитная оболочка

интегральный реактор

Реакторная установка





Электрическая мощность 100 МВт



Модульное заводское изготовление



Интегральная реакторная установка



Локализация I контура в пределах корпуса



Низкая энергонапряженность активной зоны



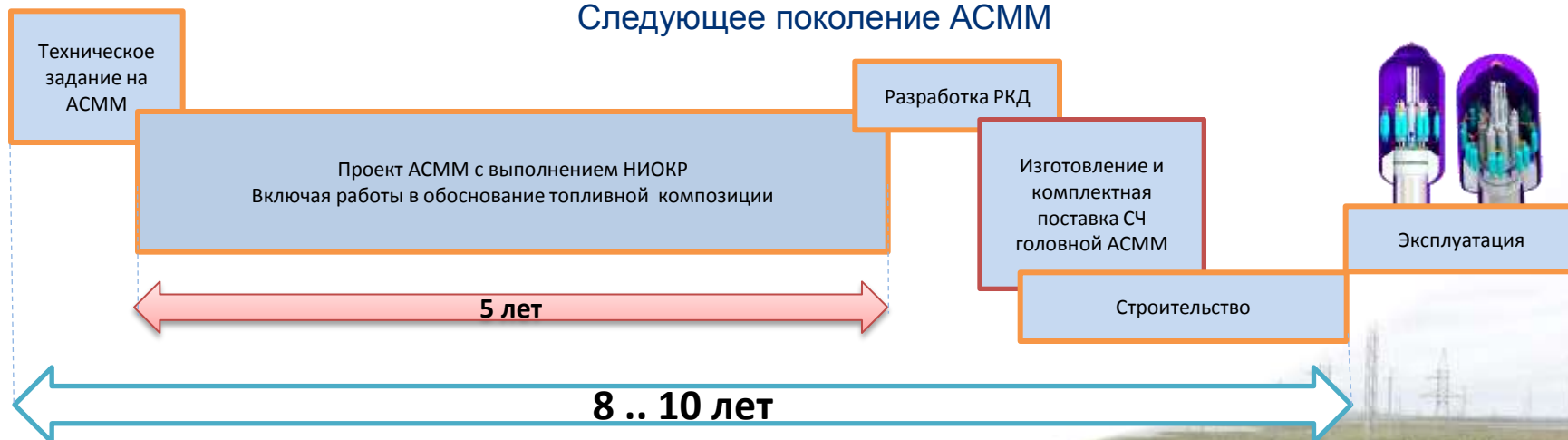
Безопасность

График создания головного образца АСММ

Укрупненный план-график создания АСММ на базе референтной РУ



Укрупненный план-график создания АСММ на базе инновационного проекта Следующее поколение АСММ



- В проектах АСММ НИКИЭТ использует сложившуюся при строительстве данных установок кооперацию предприятий-изготовителей основного оборудования, технические решения и освоенную предприятиями технологию изготовления оборудования, подтвержденные длительной успешной эксплуатацией данных изделий.
- АО «НИКИЭТ» накоплен практический опыт в области разработки и создания Ядерных Энергетических Установок, применяемых на гражданских объектах и изделиях Военно-Морского Флота.
- Имеющиеся у института проработки вариантов использования ЯЭУ малой мощности на Чукотке, в условиях Крайнего Севера, Арктического побережья, а также накопленный опыт конструирования являются веским основанием для организации полномасштабных работ по созданию АСММ для автономного электрического и теплового снабжения объектов, дислоцируемых в удаленных и труднодоступных районах Крайнего Севера и архипелагов Арктического побережья.
- Благодаря широкому диапазону технико-экономических характеристик, устойчивым показателям надежности и безопасности конструируемых изделий, строгому соблюдению требований государственных заказчиков, оправданно сформирована репутация АО «НИКИЭТ», как одного из основных разработчиков ЯЭУ в диапазоне электрической мощности от 250 кВт до 100 мВт.

Линейка атомных станций малой мощности разработки АО «НИКИЭТ»



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ