



НИКИЭТ
РОСАТОМ

АТОМНЫЕ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В НИКИЭТ

«Малая атомная энергетика: вчера, сегодня, завтра (ретроспектива и перспективы)»

Кудинов Владимир Владимирович

Начальник отдела разработки проектов атомных станций
малой мощности

Классификация атомных станций малой мощности



- **свыше 100 МВт (э) и менее 300 МВт**, реакторные установки и атомные станции региональной (когенерационной) энергетики. Основное назначение: компенсация областного (краевого) дефицита энергогенерирующих мощностей в пределах крупных городов, добывающих и энергоёмких перерабатывающих комплексов полного цикла;
- **от 20 до 100 МВт** – РУ и АЭС на их основе, используемые в качестве местных энергетических узлов районного и городского значения или индивидуального источника энергоснабжения крупных добывающих и перерабатывающих центров, энергоёмких производств;
- **до 20 МВт** электрических это реакторные установки и АСММ для локального энергоснабжения населения и малых производств. РУ генерируемой эквивалентной электрической мощностью до 10 МВт в силу специфики использования можно дополнительно классифицировать как сверхмалые, основное назначение которых: энергоснабжение единичного потребителя;
- **менее 1 МВт**: установки мегаваттного и субмегаваттного класса, специального назначения.

Роль и место малой атомной энергетики



Малая атомная энергетика может стабилизировать на социально-приемлемом уровне тарифы на тепловую и электрическую энергию и сократить постоянно растущую экологическую нагрузку, комплексно снимая вопросы энергоснабжения

- **Электроснабжение** производственных и добывающих площадок и сопутствующих поселений, в том числе – надежное энергоснабжение ответственных и неотключаемых потребителей: больниц, местных органов управления, ГО и ЧС;
- **Теплоснабжение** жилых и производственных помещений, включая возможность обеспечения круглогодичной сельскохозяйственной деятельности в защищенном грунте;
- **Опреснение** морской воды в прибрежных регионах, как в виде самостоятельного решения, так и в виде дополнительной опции к традиционному решению с электроснабжением;
- **Генерация высокопотенциального тепла** для нужд энергоемких производств, в том числе для добычи трудноизвлекаемых запасов или производства вторичных энергоносителей.

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).
- **Логистика.** Массогабаритные 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.

Целесообразность создания. Конкурентные преимущества АСММ



- **Конкурентоспособные экономические показатели.** Снижение капитальных, эксплуатационных и сопутствующих затрат по сравнению с традиционной энергетикой.
- **Значительное снижение вероятности тяжелых аварий** по сравнению с существующими показателями для современных энергетических реакторов большой мощности;
- **Автономность** и отсутствие необходимости постоянного наличия на площадке АС персонала группы А. Запас времени в случае возникновения аварийных ситуаций;
- **Модульно-блочное исполнение:** заводское изготовление ограниченных по массе и габаритам модулей/блоков;
- **Возможность реализации вывода из эксплуатации при отсутствии остаточных загрязнений на площадке;**
- **Соответствие предлагаемых решений современным требованиям** к ядерным энергоисточникам, включая требования по нераспространению.

Проекты РУ и энергоблоков на их основе АО «НИКИЭТ»



Блочная транспортабельная АСММ 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 Военно-Морского флота России.



Заводское изготовления энергоблока



Вес транспортабельного модуля – не более 60т

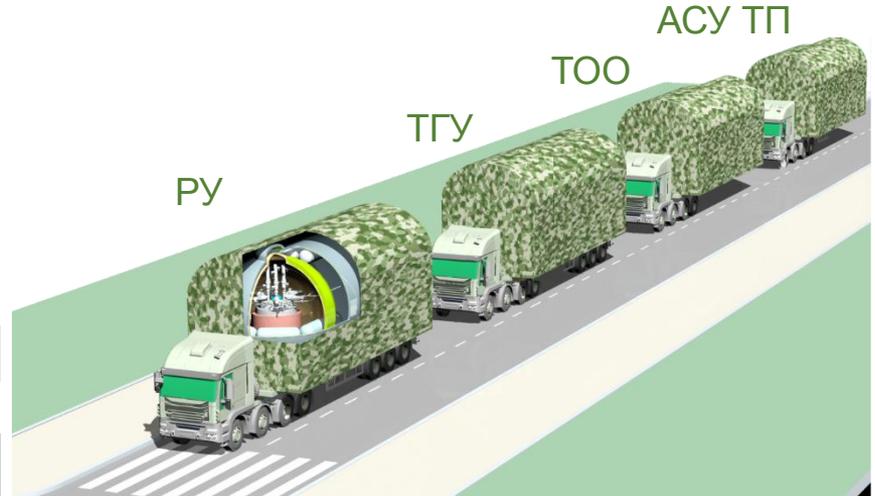


Кампания и срок эксплуатации – 6 лет



Статус проекта: Техническое предложение 2016 г.

Компоновка	Блочная транспортабельная
Мощность	6 МВт(т) / 1 МВт(э)
Перегрузка	6 лет
Система сброса неиспользованного тепла	Охлаждение – воздушное с механической прокачкой воздуха. Местных источников воды не требуется.



АСММ на базе РУ «УниTERM»

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

- Предназначена для локального энергообеспечения потребителя в районах с децентрализованным энерго- и теплоснабжением;
- Модульно-блочная поставка оборудования реакторной установки на место эксплуатации
- Уникальные решения по организации отвода тепла от активной зоны: пять независимых контуров теплоносителя, трехконтурная схема передачи тепла потребителю на естественной циркуляции.



Система управления и безопасности на пассивном (естественном) принципе



Кампания активной зоны – 15 лет

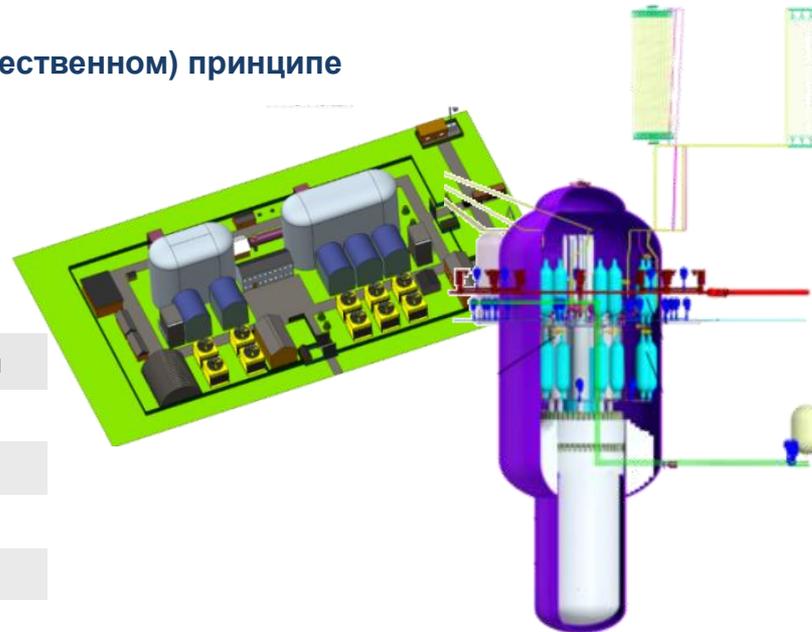


Трехконтурная схема передачи тепла



Статус проекта:

**Техническое предложение – 2012 год,
Облицовый проект АСММ 30 МВт - 2015 год.**



Тип РУ Реактор водо-водяной под давлением

Компоновка Интегральная, трехконтурная

Мощность 6,6 МВт(э)

Мощность теплофикации 3,48 МВт(э) и 9 Гкал/час

Периодичность перегрузки 15 лет

Срок службы 60 лет

Мощная линейка кипящих реакторов малой мощности

KARAT – 40 / KARAT – 100, BK – 300.

- ! Действующий гражданский прототип
- Потенциал развития: замена действующих мощностей (BK – 50)

 Естественная циркуляция во всех режимах

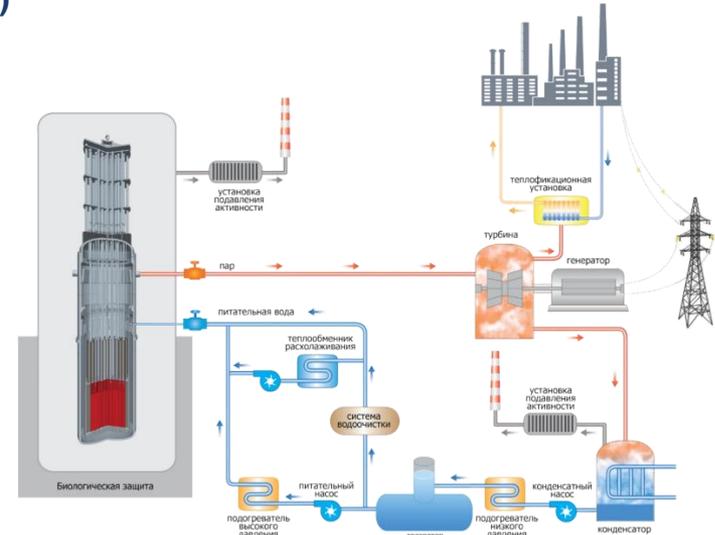
1 Одноконтурная схема

 Статус проекта:

BK – 300: Технический проект - 2001 г.

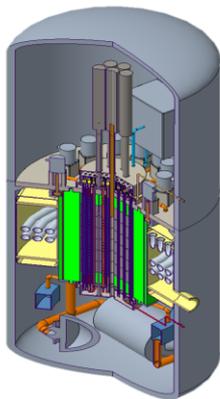
KARAT – 100: Техническо-коммерческое предложение – 2014г.

KARAT – 45: Техническо-коммерческое предложение – 2015г.



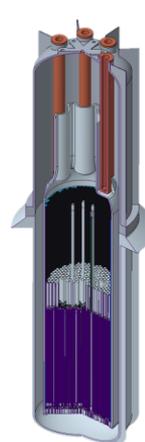
Диапазон мощностей 0,1 МВт – 1 МВт

ТЕРМОЭМИССИОННЫЙ РЕАКТОР-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ «ЭММИ»



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЭММИ-10	ЭММИ-50	ЭММИ-100
Тепловая мощность, кВт	100	500	1000
Электрическая мощность, кВт	10	50	100
Срок службы, лет	60	60	60
Кампания активной зоны, лет	7	7	7
Габариты а. з. ДШВ, мм	840x310x310	700x320x320	840x840x840
Выходная температура из а. з., °С	600	600	600
Входная температура в а. з., °С	500	500	500

САМОРЕГУЛИРУЮЩАЯСЯ РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА «ШПАГА»

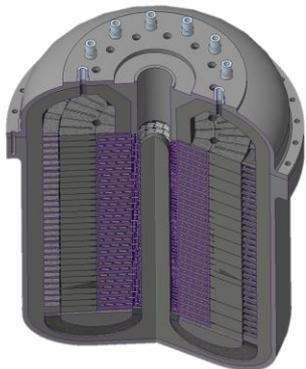


ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Тепловая мощность, МВт	1
Электрическая мощность, МВт	0,225
Срок службы, лет	60
Кампания активной зоны, лет	7
Габариты а. з. ДШВ, м	1,5x1,048x1,048
Выходная температура из а. з., °С	1200
Входная температура в а. з., °С	951,8

Диапазон мощностей 3,5 МВт – 32 МВт

ОДНОКОНТУРНАЯ РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА
С МОНОЗОНОЙ И ТЕПЛОВЫМИ ТРУБАМИ

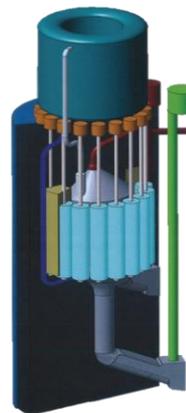
«МОНА»



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Тепловая мощность, МВт	3,5
Электрическая мощность, МВт	1,5
Срок службы, лет	60
Кампания активной зоны, лет	60 (постоянная перегрузка)
Габариты а. з. ДШВ, м	1,5x1,2x1,2
Выходная температура из а. з., °С	2000
Входная температура в а. з., °С	500

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ РЕАКТОРНАЯ
УСТАНОВКА С ШАРОВЫМИ ТВЭЛАМИ

«ЛИТИ-Ш»



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Тепловая мощность, МВт	3,5
Электрическая мощность, МВт	1,35
Срок службы, лет	60
Кампания активной зоны, лет	60 (постоянная перегрузка)
Габариты а. з. ДШВ, м	1,2x1x1
Выходная температура из а. з., °С	1350
Входная температура в а. з., °С	500

Диапазон мощностей 3,5 МВт – 32 МВт

БИНАРНАЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ
РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА С МОНОЗОНОЙ

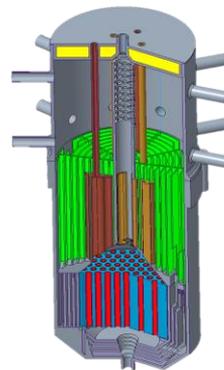
«ЛИТИ-К»



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Тепловая мощность, МВт	3,5
Электрическая мощность, МВт	1,45
Срок службы, лет	60
Кампания активной зоны, лет	20
Габариты а. з. ДШВ, мм	456x454x454
Выходная температура из а. з., °С	1200
Входная температура в а. з., °С	942,1

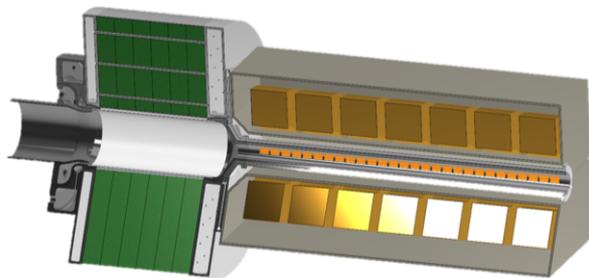
ЖИДКОСОЛЕВАЯ
РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА

«АССОЛЬ»



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Тепловая мощность, МВт	5
Электрическая мощность, МВт	1,8
Срок службы, лет	60
Кампания активной зоны, лет	60 (постоянная перегрузка)
Габариты а. з. ДШВ, м	1,1x0,809x0,909
Выходная температура из а. з., °С	700
Входная температура в а. з., °С	500

ГАЗОФАЗНАЯ РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА «ВЕТЕРОК»

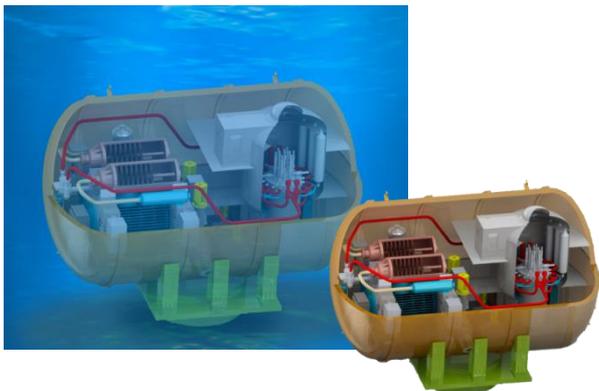


ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Тепловая мощность, МВт	32
Электрическая мощность, МВт	15,6
Срок службы, лет	60
Кампания активной зоны, лет	60 (постоянная перегрузка)
Габариты а. з. ДШВ, м	2,2x0,3x0,3
Выходная температура из а. з., °С	5000
Входная температура в а. з., °С	3000

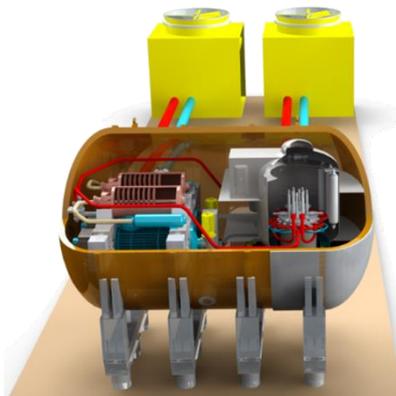
АСММ на базе реакторной установки «Шельф»

- АСММ на базе РУ Шельф предназначена для энергообеспечения объектов различного 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.

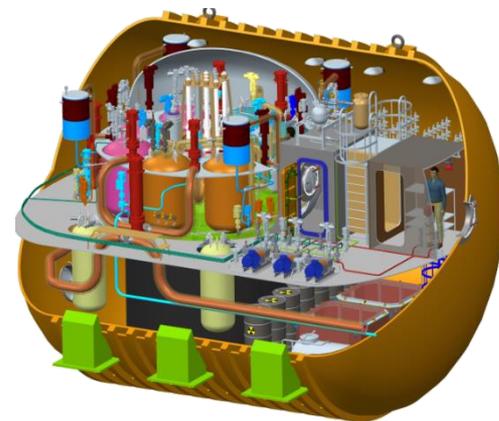
Подводное исполнение
«РУ + ТГУ»



Наземное исполнение
«РУ + ТГУ»



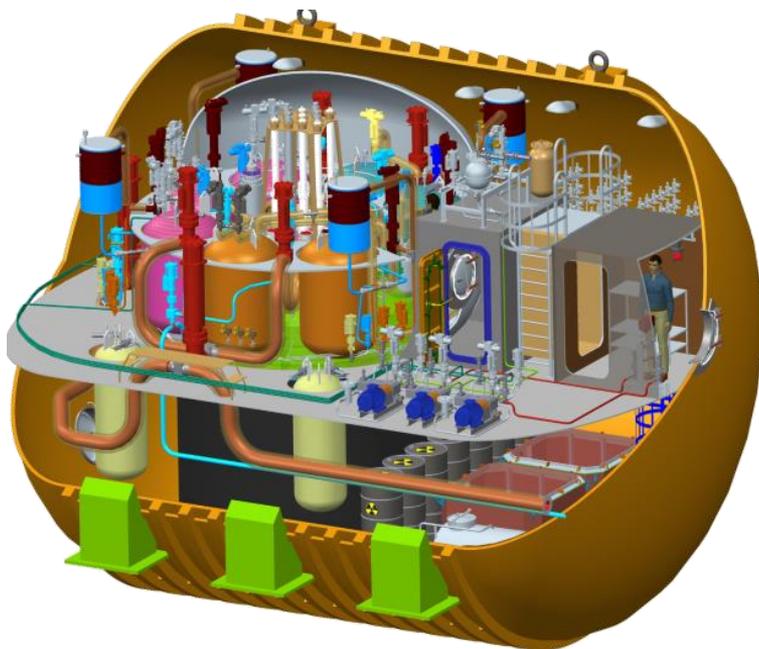
Наземное исполнение
«РУ»



Энергоблок АСММ на базе реакторной установки «Шельф»



Энергоблок на базе РУ Шельф предназначен для энергообеспечения объектов различного назначения в удаленных и труднодоступных районах с децентрализованным энергоснабжением.



Тип реактора	Реактор водо-водяной под давлением
Компоновка	Интегральная, двухконтурная
Мощность	28 - 35 МВт(т) / до 10 МВт(э)
Кампания а.з.	до 60 000 эффективных часов.
Перегрузка	8 лет
Срок службы до ЗР	12 лет
Срок службы РУ	60 лет
Маневренность	20% - 100% Нном Скорость изменения паропроизводительности - до 1 %/с.
Габарит	Диаметр – 8 м, длина – 10 м (исп. «РУ»)
Масса энергокапсулы	до 400 т.

АСММ на базе реакторной установки «Шельф»

АСММ



6-8 МВт на 1 модуль
Себестоимость: 8-12 руб./кВт×час



8,5 – 30 Гкал/час на 1 модуль
2,9 - 3,9 тыс.руб./Гкал

ПОТРЕБИТЕЛЬ



ДОУ

Резервная дублирующая
ДЭС



Автономное тепло- электро- и водоснабжение

АСММ на базе реакторной установки «Шельф»



Значение Показатель	Площадь земельного участка в ограждении, м ²	Площадь застройки, м ²	Длина охраняемого периметра, м	Протяженность автомобильных дорог, м	Площадь автодорожного покрытия, м ²	Удельные показатели	Плотность застройки, %	Удельная площадь промплощадки, Га/МВт
	16 823	3852	588	690	1808		23	0,21

Себестоимость энергии на АСММ РУ ШЕЛЬФ-М



Основные технические характеристики	Значения
Уровень единичной электрической мощности	6-10 МВт (э);
КИУМ	70-80 %;
Расход электроэнергии на собственные нужды	6-10 %;
Годовая выработка электроэнергии	40-70 млн. кВт·ч
Годовая выработка тепловой энергии	130-230 тыс. Гкал/год
Длительность топливной кампании	6-8 лет

Основные экономические характеристики	Значения
Себестоимость электрической энергии, в конденсационном режиме	8-12 р./(кВт·ч)
Себестоимость тепловой энергии, в теплофикационном режиме	2,9-3,9 тыс. р./Гкал

Спасибо за внимание

Кудинов Владимир Владимирович

Начальник отдела разработки проектов атомных станций
малой мощности

Тел.: +7 (499) 763-04-14

Моб. тел.: +7 (985) 991-17-09

Эл. почта: v.kudinov@nikiet.ru

13.10.2022