



ОКБМ
АФРИКАНТОВ
РОСАТОМ

История создания судовых реакторных установок в АО "ОКБМ Африкантов

33-я ежегодная научно-историческая конференция отечественного
Ядерного общества «Атомная энергетика на море»

Турусов Александр Юрьевич
Инженер-конструктор

Реакторные установки для атомных ледоколов и других судов

АО «ОКБМ Африкантов» – Главный конструктор и Комплектный поставщик судовых реакторных установок для атомного ледокольного флота

- ✓ Проектирование оборудования РУ
- ✓ Комплектная поставка оборудования ЯЭУ.
- ✓ Авторский надзор, техническое сопровождение оборудования РУ.
- ✓ Продление срока эксплуатации и ресурса РУ.

12 атомных ледоколов; **26** РУ;
более 60 лет работы 4-х поколений а/л в Арктике;
суммарная наработка около **450** реакторо-лет



ОК-150. Основные технические решения

Эскизный проект

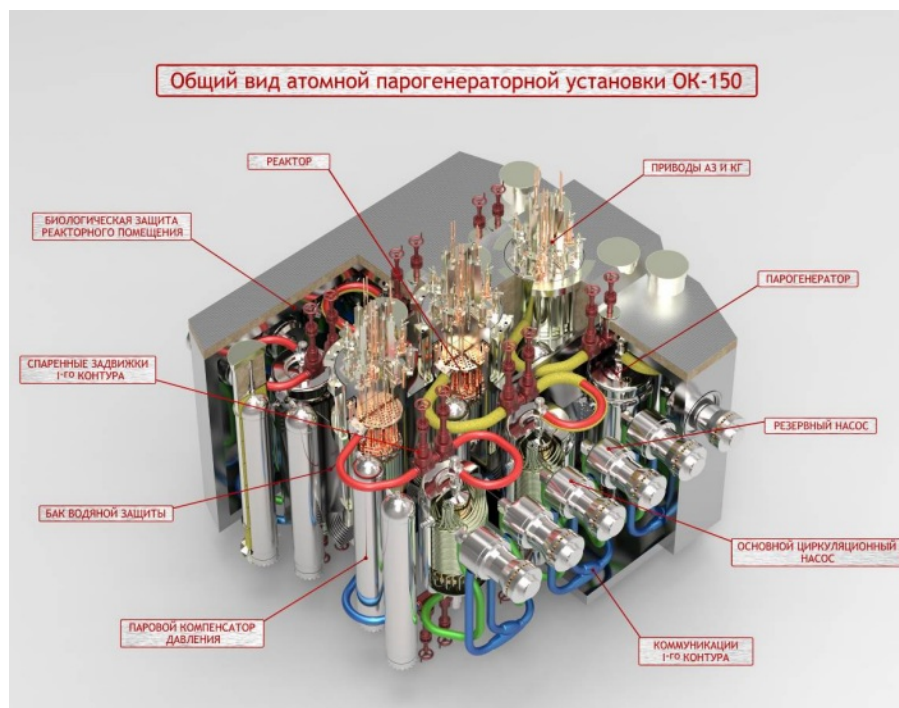
четыре месяца (завершен к маю 1954 г.)

Технический проект

девять месяцев (завершен к марту 1955 г.)

Рабочая конструкторская документация на оборудование и системы ППУ

в течение 1956 г. (разработали шесть специально созданных групп)



Мощность главной энергетической установки **44 000** л.с.

Основные технические решения:

- три реакторные установки мощностью по 90 МВт;
- петлевая компоновка;
- паровая СКД.

ППУ ОК-150 создавалась без наземного прототипа.

Итоги эксплуатации:

3 декабря 1959 – передача ледокола в эксплуатацию

1959-1966 годы эксплуатации (**6** навигаций)

82 000 миль пройдено

26 000 часов достигнутый ресурс (12 000 ч проектный ресурс)

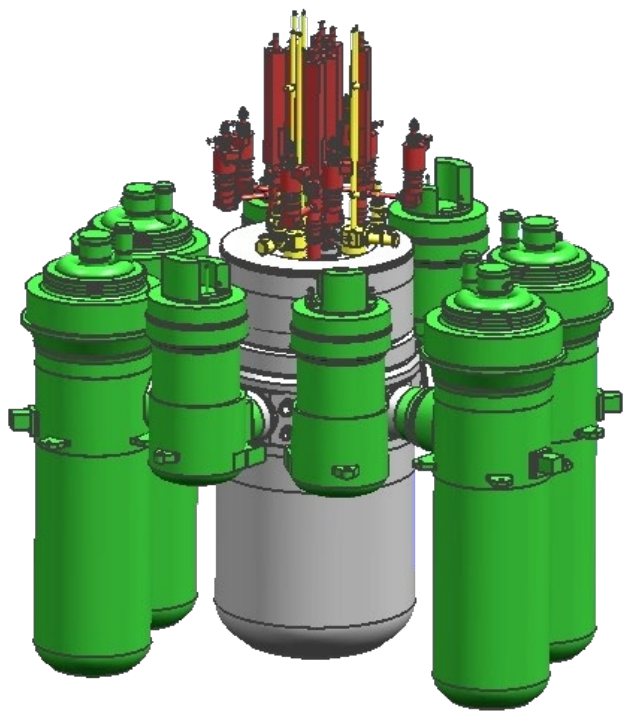
ОК-900. Основные технические решения

Эскизный проект

закончен в сентябре 1965 г.

Технический и рабочий проекты

утверждены в мае 1967 г.



Основные новые концептуальные решения:

- исключение третьего реактора;
- применение блочной компоновки;
- замена паровой СКД на газовую;
- применение ПГ с трубной системой из специально созданного титанового сплава.

После тщательного и всестороннего анализа итогов эксплуатации а/л «Ленин» было принято решение не ремонтировать РУ ОК-150, а установить на а/л «Ленин» РУ ОК-900, разработанную с учетом опыта эксплуатации РУ ОК-150.

Итоги:

1970-1989 годы эксплуатации

106 700 часов достигнутый ресурс (100 000 ч проектный ресурс)

Учитывая положительные результаты эксплуатации а/л «Ленин», было принято решение о постройке серии ледоколов с РУ типа ОК-900

Итоги эксплуатации РУ ОК-900А

1975-по наст. время годы эксплуатации

6 атомных ледоколов («Арктика», «Сибирь», «Россия», «Советский Союз», «Ямал», «50 лет Победы»)

12 реакторных установок ОК-900А

177 200 часов максимально достигнутый ресурс на а/л «Арктика» (100 000 ч проектный ресурс)

2 атомных ледокола в эксплуатации («Ямал», «50 лет Победы»)



Создание судовых РУ типа КЛТ-40



КЛТ-40 была создана для лихтеровоза-контейнеровоза «Севморпуть» и спроектирована в соответствии с требованиями международного Кода ИМО по безопасности ядерных торговых судов.

РУ КЛТ-40М установлен на ледоколах с ограниченной осадкой «Таймыр» и «Вайгач», предназначенных для проводки транспортных судов в устьях сибирских рек.

Исполнение однореакторное.
В РУ КЛТ-40:

- улучшена конструкция защитной оболочки;
- предусмотрены дополнительные системы безопасности (предусмотрена система защиты первого контура от переопрессовки, система затопления защитной оболочки).

Итоги:

1988-по наст. время годы эксплуатации
3 атомных судна (а/л «Таймыр» и «Вайгач», а/л «Севморпуть»)

214 000 часов максимально достигнутый ресурс на а/л «Вайгач» (100 000 ч проектный ресурс)

Ресурсные характеристики РУ

Системы и оборудование РУ типа ОК-900 и РУ типа КЛТ-40 практически всех атомных судов выработали проектный назначенный ресурс.

Атомное судно	Наработка РУ-1/РУ-2, тыс. ч	Проектный назначенный ресурс РУ, тыс. ч год выработки	Первоначально/ Повторно продленный назначенный ресурс РУ, тыс. ч год выработки	Планируемый для продления назначенный ресурс РУ, тыс. ч год выработки
«Ямал»	167,8 / 167,4 (01.07.2023)	<u>100</u> 2012	<u>110 / 150 / 200</u> 2014 / 2020 / 2028	<u>250</u> определяется
«50 лет Победы»	84,5 / 85,2 (01.02.2023)	<u>100</u> 2025	-	<u>150</u> 2033
«Таймыр»	210,3 (01.07.2023)	<u>100</u> 2004	<u>150 / 175 / 200 / 235</u> 2014 / 2018 / 2022 / 2027	<u>265</u> 2030
«Вайгач»	213,8 (01.07.2023)	<u>100</u> 2006	<u>150 / 175 / 200 / 235</u> 2014 / 2017 / 2021 / 2027	<u>265</u> 2030
«Севморпуть»	147,0 (01.02.2023)	<u>100</u> 2006	<u>150</u> 2023	-

Работы по продлению срока службы и повышению ресурса позволили исключить дорогостоящий заводской ремонт, связанный с заменой оборудования, и обеспечить резерв времени на строительство атомных ледоколов нового поколения.

РУ типа РИТМ

Эскизный проект

2006-2007 гг.

Технический проект в рамках Федеральной целевой программы
«Модернизация транспортной системы России (2002-2010 годы)»

2008-2009 гг.



ПГБ РУ РИТМ-200

Основные технические решения:

- использование ПГБ интегрированного типа;
- применение кассетной активной зоны с увеличенным энергозапасом;
- значительное увеличение времени обеспечения безопасности установки только при функционировании пассивных средств;
- оптимизирован состав систем и увеличены резервы времени на принятие персоналом эффективных корректирующих мер.

Итоги и планы поставки оборудования для УАЛ:

2020 – ввод в эксплуатацию головного УАЛ

2021 – ввод в эксплуатацию 2го УАЛ

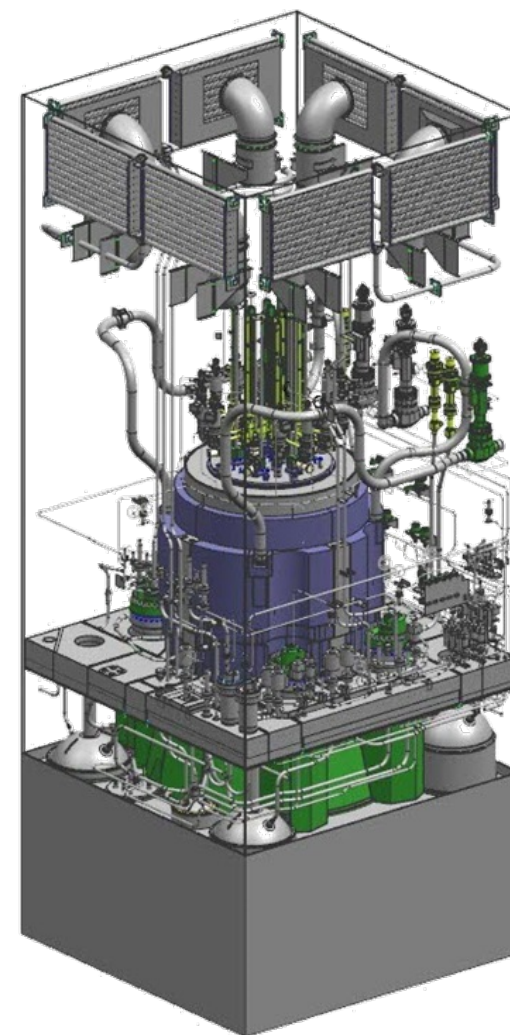
2022 – ввод в эксплуатацию 3го УАЛ

2023 – поставлено основное оборудование РУ 4го УАЛ

2024 – поставка комплекта оборудования 5го УАЛ

Основные технические характеристики РУ РИТМ-200

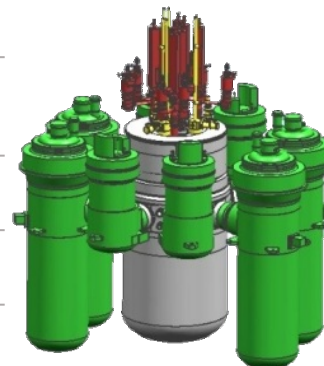
Наименование параметра	Значение
Тепловая мощность, МВт	175
Паропроизводительность, т/ч	248
Температура пара, °С	295
Температура питательной воды, °С	105
Давление пара, МПа (абс.)	3,82
Энергоресурс, ТВт·ч	4,5 – 7
Скорость изменения мощности, % Нном/с	0,1 / 1,0
Срок службы до списания, лет	40
Ресурс до списания, ч	320 000
Срок службы до ремонта, лет	20
Ресурс до ремонта, ч	160 000
Период непрерывной работы, ч	26 000
Период между перегрузками (при КИУМ=0,65), лет	4,5 – 7
Масса 2-х РУ, т	2200
Габариты блока из 2 РУ, м	6,0×13,2×15,5



Прогресс судовых реакторных технологий

Характеристика	Изменение характеристик
Назначенный ресурс оборудования до заводского ремонта	▲ x2,6
Назначенный срок службы основного оборудования до заводского ремонта	▲ x1,6
Энергоресурс а.з.	▲ x2 – x3
КИУМ	▲ x1,9
Период непрерывной работы	▲ x3,2
Масса двух РУ в пределах ЗО	▼ x1,7
Площадь в пределах ЗО	▼ x2,6

ПГБ РУ типа
ОК-900А / КЛТ-40



7 РУ

в эксплуатации

ПГБ РУ
РИТМ-200



6 РУ 3х УАЛ в эксплуатации

4 РУ для 4го и 5го УАЛ
на этапе строительства УАЛ



Создание атомного ледокола проекта «Лидер» с РУ РИТМ-400

Назначение: Проводка одиночных крупнотоннажных судов, лидирование караванов круглогодично в Арктике.

Задачи:

1. Обеспечение движения по трассам Северного Морского Пути круглогодично по расписанию, вне зависимости от погодных условия и ледовой обстановки.
2. Обеспечение круглогодичного вывоза углеводородов с ямальских месторождений в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

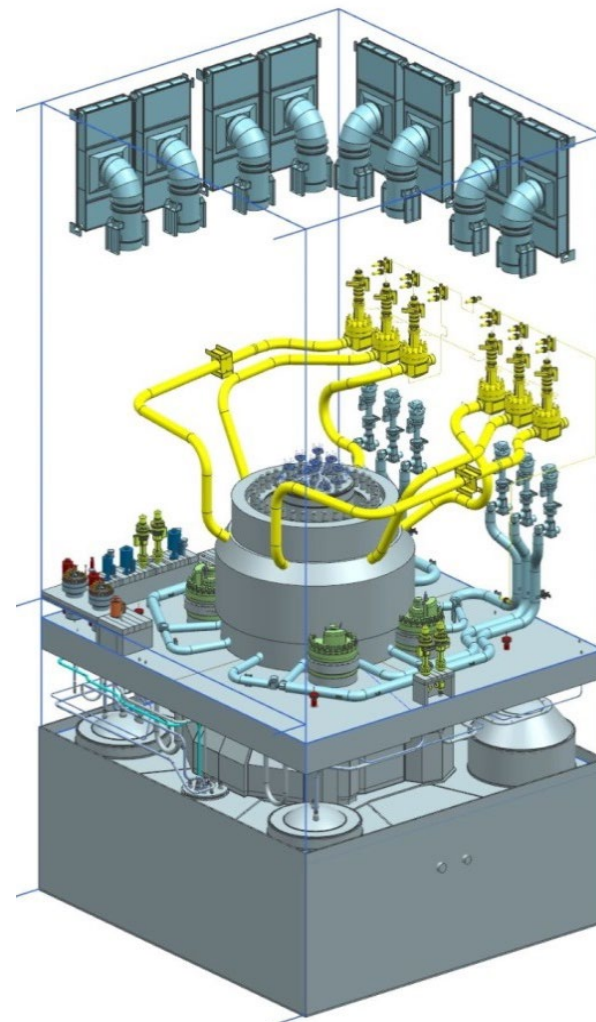
2017 г. - Технический проект РУ

2027 г. – Срок сдачи в эксплуатацию



Основные технические характеристики РУ РИТМ-400

Характеристика	Значение
Тепловая мощность РУ, МВт	315
Паропроизводительность, т/ч	450
Температура пара, °С	295
Давление пара, МПа	3,8
Температура питательной воды, °С	105
Энергозапас а.з., ТВт/ч	6,0
Период между перегрузками, лет	5 - 7
Скорость изменения мощности, % $P_{ном}$ /с	0,1 / 1,0
Срок службы до списания, лет	40
Ресурс до списания, ч	320 000
Срок службы до ремонта, лет	20
Ресурс до ремонта, ч	160 000
Период непрерывной работы, ч	26 000
Масса блока из 2-х РУ, т	3890
Габариты блока из 2-х РУ, м	9×18,2×17,5

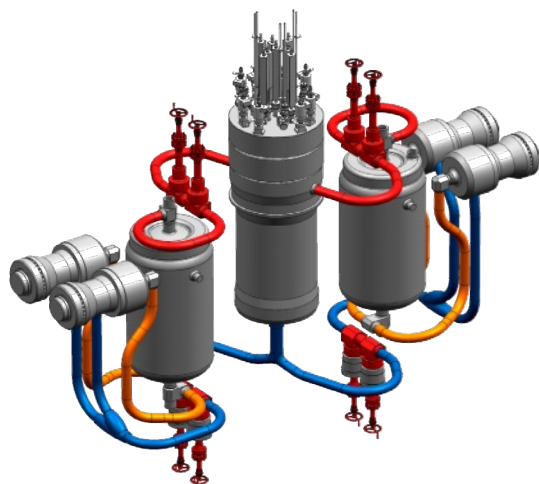


Основные технические характеристики судовых РУ

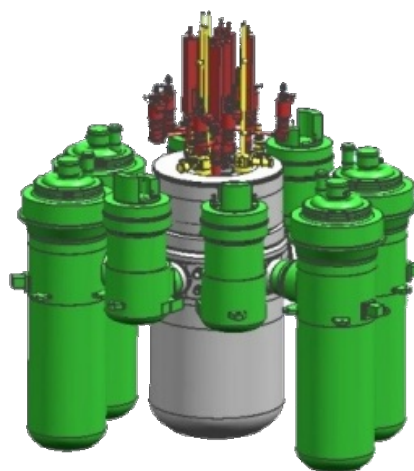


ОКБМ
АФРИКАНТОВ
РОСАТОМ

Наименование	ОК-150	ОК-900	ОК-900А	КЛТ-40	КЛТ-40М	РИТМ-200	РИТМ-400
Мощность РУ, МВт	3×90	2×159	2×171	1×135	1×171	2×175	2×315
Ресурс (проектный), тыс. ч	12	25-60	50-100	100		320	320
Кампания активной зоны, лет	0,55	2,5 – 3		3 – 4	2,5 – 3	4,5-7	5-7
Масса, т	3 017 (3 РУ)	2 434 (2 РУ)		1 634 (1 РУ)	1 300 (1 РУ)	2200 (2 РУ)	3890 (2 РУ)
Габаритные размеры, м	11,5×10,4 ×10,5	7,9×13,5×9,2		8,6×8,6 ×8,2	7,6×8,0 ×8,1	6×13,2 ×15,5	9×18,2 ×17,5
Удельная мощность, кВт/т	89,5	130,6	140,5	82,6	131,5	159,1	161,95
Удельная мощность, МВт/м ²	2,26	3	3,2	1,83	2,81	4,42	3,85



Реактор РУ ОК-150



ПГБ РУ
типа ОК-900 и КЛТ-40



ПГБ РУ РИТМ-200

Плавучие АЭС на базе РУ КЛТ-40С и РИТМ-200С

ПАТЭС на базе ПЭБ «Академик Ломоносов»

2 РУ	КЛТ-40С
Общая тепловая мощность	300 МВт
Общая электрическая мощность	77 МВт



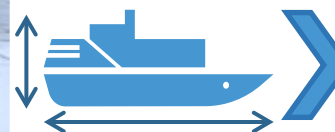
Длина	140 м
Ширина	30 м
Осадка	5,6 м
Водоизмещение	21 000 т

2020 - ввод в эксплуатацию



АЭС на базе РУ РИТМ-200С

Реакторная установка	РИТМ-200С
Количество РУ на блок	2
Электрическая мощность	106 МВт
Топливная кампания	7 лет



Длина	143,3 м
Ширина	30 м
Осадка	5,5 м
Водоизмещение	21 300 т

2027 – срок ввода в эксплуатацию



Заключение

- 1.** Атомная энергетика доказала эффективность и перспективность ее использования в судовой энергетике и внесла существенный вклад в развитие Северного Морского Пути и освоение Арктики.
- 2.** Применение в составе ледоколов ядерных энергетических установок позволило создать атомные ледоколы с высокой ледопроеходимостью и автономностью плавания.
- 3.** Благодаря многолетнему опыту проектирования, изготовления и эксплуатации судовых реакторных установок накоплены опыт и база знаний для дальнейшего развития и тиражирования судовых реакторных технологии при создании новых ледоколов, АС ММ плавучего и наземного исполнения и других проектов.

**Благодарю
за внимание**

