

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С РЕАКТОРАМИ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

ВЫПОЛНИЛ: СМИРНОВ АРТЁМ РОМАНОВИЧ

ГРУППЫ 5Б13 ЦТ21

РЕАКТОР НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

- Реактор на быстрых нейтронах — ядерный реактор, в активной зоне которого нет замедлителей нейтронов и спектр нейтронов близок к энергии нейтронов деления ($\sim 10^5$ эВ). Нейтроны этих энергий называют быстрыми, отсюда и название этого типа реакторов.
- Реактор на быстрых нейтронах позволяет превращать отработавшее ядерное топливо в новое топливо для АЭС, образуя замкнутый цикл использования ядерного топлива, и позволяя вместо доступных ныне 3%, использовать около 30% потенциала ядерного топлива, что обеспечит перспективу ядерной энергетике на тысячелетия.

ИСТОРИЯ

- Первые научно-исследовательские и промышленные реакторы на быстрых нейтронах были сконструированы и успешно запущены в эксплуатацию в Советском Союзе, а в данный момент России принадлежит технологический приоритет в их разработке и эксплуатации, что открывает практически неограниченные возможности для использования энергетического потенциала ядерного топлива, в том числе отходов АЭС и оружейного плутония.
- Россия занимает первое место в мире в развитии технологий строительства таких реакторов, хотя этим с 1950-х годов занимались многие развитые страны. Первый энергоблок с реактором на быстрых нейтронах БН-350 был запущен в СССР в 1973 году и проработал в Актау по 1999 год. Второй энергоблок был установлен на Белоярской АЭС в 1980 году (БН-600) и бесперебойно работает по сей день, в 2010 году срок его эксплуатации был продлен на 10 лет. Там же 10 декабря 2015 года был запущен в эксплуатацию реактор нового поколения БН-800.

РЕАКТОР БН-350



РЕАКТОР БН-600



БЕЛОЯРСКАЯ АЭС (НА НЕЙ
ВПЕРВЫЕ В МИРЕ ПОЯВИЛСЯ
ЭНЕРГОБЛОК
ПРОМЫШЛЕННОГО
МАСШТАБА НА БЫСТРЫХ
НЕЙТРОНАХ)

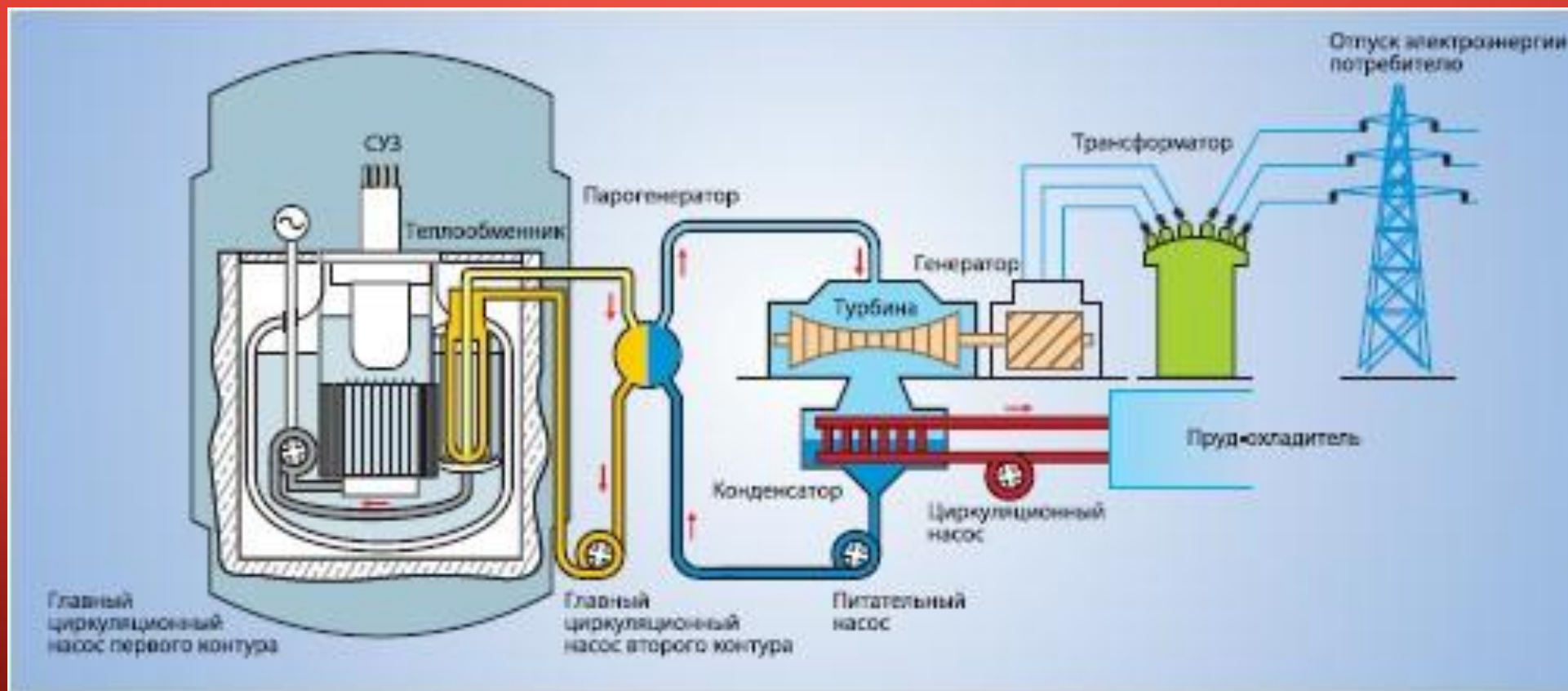


МАКЕТ РЕАКТОРА БН-600
БЕЛОЯРСКАЯ АЭС С
ВЫРЕЗАННЫМИ СЕКТОРАМИ
ДЛЯ УДОБСТВА ОБЗОРА

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

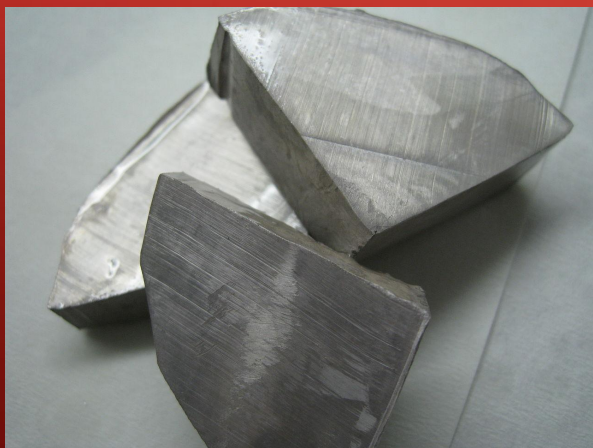
- В активных зонах ядерных реакторов протекает самоподдерживающаяся цепная реакция деления ядер урана, где ядро ^{235}U делится на два осколка под действием лишь одного нейтрона, но с испусканием уже двух-трех. Они, в свою очередь попадают в соседние ядра, при этом вызывают цепную реакцию. Осколки реакции деления имеют большую кинетическую энергию, которую они передают теплоносителю, который в свою очередь нагревается и испаряет контактирующую с ним воду, а образовавшийся пар вращает турбину генератора.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ



ПРОМЫШЛЕННЫЕ РЕАКТОРЫ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

- В коммерческих проектах реакторов на быстрых нейтронах, как правило, используются конструктивные схемы с жидкометаллическим теплоносителем. Обычно это или жидкий натрий, или эвтектический сплав (точнее жидкая смесь) свинца с висмутом. В качестве теплоносителей рассматривались и расплавы солей (фториды урана), однако их применение было



ПРИОРИТЕТ СССР И РОССИИ

- Экспериментальные реакторы на быстрых нейтронах появились в 1950-е годы. В 1960—80-е годы работы по созданию промышленных реакторов на быстрых нейтронах активно велись в СССР, США и ряде европейских стран. Первый промышленный энергоблок с реактором на быстрых нейтронах БН-350 был запущен в СССР в 1973 году, второй энергоблок был установлен на Белоярской АЭС в 1980 году (БН-600). После закрытия в 2009 году французского быстрого натриевого реактора «Феникс» (Phénix) Россия осталась в мире единственной страной с действующими быстрыми энергетическими реакторами: БН-600 в 3-м энергоблоке Белоярской АЭС и БН-800 в 4-м энергоблоке Белоярской АЭС. Последний запущен 10 декабря 2015 года, в промышленную эксплуатацию вошёл в 2016 году, а в 2018 году на нём началось использование произведенного на Горно-химическом комбинате «Росатома» серийного МОХ-топлива.
- Реактор БН-800 используется для отработки ряда технологий замыкания ядерного топливного цикла использованием «быстрых» реакторов, решающих проблему утилизации отработавшего ядерного топлива. Россия создает двухкомпонентную атомную энергетику, в которую будут включены реакторы на тепловых и быстрых нейтронах, что позволит значительно расширить топливную базу мирного атома, а попутно уменьшить объемы радиоактивных отходов благодаря «выжиганию» опасных радионуклидов. Блок № 4 Белоярской АЭС стал прототипом более мощных коммерческих «быстрых» энергоблоков БН-1200, строительство которых планируется в 2030-х.

СПИСОК РЕАКТОРОВ

Действующие промышленные реакторы на быстрых нейтронах

Реактор	Страна	АЭС	Запуск	Эксплуатация		Тепловая мощность МВт	Электрич. мощность МВт	Тепло-носитель	Особенности
				с	до				
БН-600	СССР / Россия	Белоярская АЭС	26.02.1980	08.04.1980		1470	600	Натрий	
БН-800	Россия	Белоярская АЭС	10.12.2015	01.11.2016		2100	880	Натрий	

Остановленные промышленные реакторы на быстрых нейтронах

Реактор	Страна	АЭС	Запуск	Эксплуатация		Тепловая мощность МВт	Электрич. мощность МВт	Тепло-носитель	Особенности
				с	до				
БН-350	СССР/ Казахстан	Мангистауский АЭК	1973	16.07.1973	1999	1000	150	Натрий	Дополнительно 100 МВт для отопления и 100 МВт для опреснения
Феникс	Франция	Маркуль	1973	14.07.1974	2009	563	250	Натрий	С 2003 года электр. мощность была снижена до 140 МВт
Суперфеникс	Франция	Крес-Мельё	1985	1986	1998	3000	1200	Натрий	
Мондзю	Япония	АЭС Мондзю	1994	29.08.1995	22.09.2016	714	280	Натрий	Реактор в течение 20 лет проработал в общей сложности около одного года ^[19]
PFR	Великобритания	Центр Дунрей	01.03.1974	01.07.1976	31.03.1994	650	234	Натрий	
Fermi-1	США	АЭС Энрико Ферми	23.08.1963	—	29.11.1972	200	65	Натрий	
KNK-I	Германия	ТИ Карлсруэ	1971	21.02.1974	1.09.1974		21	Натрий	
KNK-II	Германия	ТИ Карлсруэ	1976	3.03.1979	23.05.1991		21	Натрий	В основу лёг советский реактор БОР-60

Так и не запущенные

CRBRP	США	Долина Теннесси	—	—	—	1000	350		Суммарные затраты — 8 млрд \$.
IFR	США		—	—	—	—	—		
SNR-300	Германия	АЭС Калькар	—	—	—	1500	300	Натрий	Суммарные затраты — 7 млрд DM.

ПРЕИМУЩЕСТВА РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

- Реактор на быстрых нейтронах позволяет превращать отработавшее ядерное топливо в новое топливо для АЭС, образуя замкнутый цикл использования ядерного топлива, и позволяя вместо доступных ныне 3%, использовать около 30% потенциала ядерного топлива, что обеспечит перспективу ядерной энергетике на тысячелетия.

НЕДОСТАТКИ

- Дороговизна по сравнению с обычными тепловыми ядерными реакторами

Спасибо за внимание!