

Учебный курс:
«Экспериментальная реакторная физика»
Кафедра 18
Факультет « Физики и экономики ВЫСОКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ»
МИФИ

Знакомит с основными вопросами практики реакторных испытаний необходимых для оценки поведения реальных конструкций и материалов в условиях их эксплуатации в активной зоне ядерного реактора.

Уделено внимание отечественным исследовательским реакторам как источникам излучения, их возможностям и приспособленности для реакторных испытаний.

Рассматриваются особенности проектирования, расчета и разработки оборудования для реакторных испытаний. Значительное место отведено методике теплового расчета реакторных установок и подбору материалов при их проектировании.

Представлены конкретные примеры постановки реакторных испытаний и полученные экспериментальные результаты.

Лекция 1.

Цель.

Дать общие представления о современном этапе развития атомной энергетики. Рассмотреть последовательность этого развития от первоначальной идеи к техническому воплощению, основываясь на конкретных примерах и исторической хронологии.

План.

- 1. Современный этап развития ядерной энергетики.**
- 2. Реакторы на тепловых и быстрых нейтронах.**
- 3. Концепция Э. Ферми и А. Лейпунского.**
- 4. Историческая справка о развитии реакторов на быстрых нейтронах.**
- 5. Энергетические реакторы на быстрых нейтронах: действующие и перспективные, их сравнительные характеристики, проблемы безопасности.**

Инициатива Президента Российской Федерации 6 сентября 2000 года в ООН

непосредственно касалось будущего развития ядерной энергетики. Отмечены следующие наиболее важные, в том числе политически, моменты развития современной энергетики:

- обеспечение устойчивого развития человечества энергией без ограничений со стороны ресурсов топлива и отравления внешней среды продуктами горения.**
- закрытие каналов получения «ядерной взрывчатки», связанной с ядерной энергетикой.**
- завершение сокращения ядерных арсеналов, начатого РФ и США, всеобщим и полным запрещением и ликвидацией ядерного оружия.**

Реакторы на тепловых нейтронах в настоящее время весьма широко используются в ядерной энергетике, но имеют ряд существенных недостатков:

- - проблема топливных ресурсов решается за счет увеличения добычи урана.
- - радиоактивные отходы в основной своей массе не перерабатываются, а захораниваются.
- - вопросы безопасности сводятся к рассмотрению наиболее вероятных аварий, увеличению требований к оборудованию и персоналу.
- - проблема нераспространения решается усилением контроля за делящимися материалами.

Реакторы на быстрых нейтронах в настоящее время не имеют широкого применения в ядерной энергетике, но представляются достаточно перспективными по следующим причинам:

- - проблема топливных ресурсов может быть решена естественным воспроизводством ядерного топлива в реакторах на быстрых нейтронах.
- - радиационно-эквивалентное захоронение радиоактивных отходов без нарушения природного радиационного баланса за счет глубокой очистки отходов, возвращения и сжигания их в быстрых реакторах.
- - естественная безопасность подразумевает исключение тяжелых аварий за счет присущих быстрым реакторам внутренних физических качеств и закономерностей.

Недавно стало известно [1] , что

в 1942 г Энрико Ферми- итальянский физик, лауреат Нобелевской премии, один из разработчиков американской атомной бомбы, создатель первого в мире ядерного реактора (Чикаго, 1942 г.),

в 1947 г Александр Ильич Лейпунский- академик УССР, руководитель отечественной программы по РБН, директор Физико-энергетического института (ФЭИ) г. Обнинск, первый декан инженерно-физического факультета Московского механического института боеприпасов(ММИ), названный позднее МИФИ,

выдвинули концепцию относительно использования ядерной энергии в мирных целях.

Основную цель они видели в овладении ресурсами ядерного топлива на основе воспроизводства и впервые показали, что роль быстрых реакторов в крупномасштабной ядерной энергетике определяется, в первую очередь, уникальным избытком нейтронов в расчете на сгоревшее ядро плутония. Такой избыток служит фундаментальной физической предпосылкой воспроизводства и даже бридинга плутония, решения проблем безопасности, радиоактивных отходов, нераспространения ядерного оружия и связанной с ним экономики.

В таблице показана история развития программ создания АЭС с РБН в СССР и США. Программа США не была выполнена.

Программа СССР имеет логическое завершение: успешно работает АЭС с РБН БН-600, 25 лет устойчиво проработал РБН БН-350 в Казахстане (г. Шевченко).

Он был выведен из эксплуатации в 1997 году по решению правительства Казахстана.

США Дата пуска (остановки)	Наименование	Мощность Тепловая (электрическая)	Топливо	Тепло- носитель	СССР Дата пуска (остановки)
1949	Клементина	25 кВт	Pu	Hg	
1951	ЕВР-1	(200 кВт)	U	Na-K	
	БР-1	0 кВт	Pu	Hg	1952
	БР-2	100 кВт	Pu	Hg	1956
	БР-5	5 МВт	PuO ₂	Na	1958
	8 РБН для под- водных лодок.			Pb-Bi	1962
1963	Энрико Ферми	200(65) МВт 62(20)	U	Na	
1963	ЕВР-2	МВт	U	Na	
(1967)	ЕВР-1(авария)				
(1967)	Энрико Ферми (авария)				
	БОР-60	60МВт	UO ₂	Na	1969
	БН-350	1000(350)МВт	UO ₂ - PuO ₂	Na	1972
	БН-600	1800(600)МВт	UO ₂ - PuO ₂	Na	1980
(1980)	Приостановка работ по РБН.				

Почему «подарок природы», выраженный в концепции **Энрико Ферми и Александра Ильича Лейпунского**, не воплотился в широкомасштабную атомную энергетику?

По моему мнению, главной причиной являлся интерес к собственной, государственной безопасности стран, способных реализовать в тот период времени подобный проект. Способ получения плутония в тепловых реакторах был более очевиден и дешевле, что дало в конечном итоге иметь достаточное количество атомных зарядов противоборствующим сторонам, что бы, как не странно, сохранить на земле относительный мир и жизнь.

После тяжелых аварий на АЭС в «Три-Майл Айленд» (США, 1979 г.) и в Чернобыле (СССР, 1986г.) снизился интерес к атомной энергетике как основной альтернативе углеводородной. Разработчиками АЭС в последние 15 лет сделано не мало для обеспечения безопасной работы действующих и проектируемых АЭС.

Настоящий период развития ядерной энергетике часто называют ренессансом. Каким будет возрождение -покажет время.

Электроэнергетические потребности человеческой цивилизации в зависимости от времени и возможная доля атомной отрасли в производство энергии.

На графике представлен прогноз изменения мощности электростанций в мире при использовании топливного потенциала ядерной энергетики с РБН и РТН. Из представленного графика видно, что использование в АЭС:

- РТН (реактор на тепловых нейтронах) приводит к исчерпанию запасов ²³⁵-го урана к 2080 году, а плутония к 2100 году. Введение же в оборот технологически существенно более сложного ториевого цикла приводит к незначительному росту вводимых мощностей.

- РБН (реактор на быстрых нейтронах) приводит к устойчивому значительному росту вводимых мощностей из-за высокого по сравнению РТН коэффициенту воспроизводства и вовлечения в энергетику плутония, полученного из ²³⁸-го урана.

**Радиационная эквивалентность топливного цикла крупномасштабной ядерной
энергетики
или
какое экологическое наследие мы оставим нашим потомкам?**

На предыдущем слайде представлена зависимость десятичного логарифма приведённой активности от времени хранения радиоактивных отходов, кривые 1-3 соответствуют различной степени очистки с учётом их качественного состава. Исходя из определения S , зеленая и коричневая горизонтальные прямые соответствуют активности отходов равной природной урановой среде и десятикратное её превышение соответственно.

Приведу цитату из [1]:

«Радиационно-эквивалентное захоронение радиоактивных отходов (без нарушения природного радиационного баланса) за счет глубокой очистки отходов от всех актиноидов, возвращения и сжигания их (трансмутации) в быстрых реакторах (актиноиды- семейство из радиоактивных элементов (металлов) с $Z=90-103$, образующихся в результате захвата нейтронов с последующими бета-распадами).

Стратегическим направлением здесь является замыкание ядерного топливного цикла, в результате чего достигается :

- а) практически полное использование природного ядерного топлива и искусственных делящихся материалов (плутония и др.) ,*
- б) минимизация образования радиоактивных отходов от переработки ядерного топлива,*
- в) обеспечение баланса (равенства) между радиационной опасностью захораниваемых радиоактивных отходов и урана, извлекаемого из недр.»*

Технико-экономические показатели АЭС с быстрыми и тепловыми реакторами РФ (в ценах 1991 г.), сравниваются проектируемые АЭС с показателями действующей на базе реактора ВВЭР-1000.

Характеристика	Брест-1200	БН-800	ВВЭР-1000	ВВЭР-1500
Удельные капитальные вложения, (руб/кВт)	875	1106	920	827
Себестоимость отпускаемой электроэнергии, коп/кВт-час	1,5	2,49	2,11	1,62
Срок службы, лет	60	30	40	50
Собственные нужды, %	5,7	7,6	5,8	5,7