

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета БГУ



В.М. Анищик

«13» июня 2011 г.

Регистрационный № УД- 4337 /баз.

ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ

**Учебная программа
для высших учебных заведений по специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям)
(1-31 04 01-05 ядерные физика и технологии)**

Минск 2011 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.А. Рубчenea – ведущий научный сотрудник Радиевого института им. В.Г. Хлопина; профессор кафедрой ядерной физики Санкт-Петербургского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой ядерной физики физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 9 от 25 мая 2011);

Ученым Советом физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 10 от 13 июня 2011);

Ответственный за выпуск: В.Е. Ямный
Ответственный за редакцию: В.Е. Ямный

Пояснительная записка

Программа подготовки физиков для работы в области ядерной энергетики должна включать знания ядерно-физических свойств ядерного топлива и процессов на каждой стадии превращения топлива от добычи естественного урана до захоронения ядерных отходов. Эти знания необходимы, чтобы соблюдать и обеспечивать безопасность по всей цепочке топливной технологии, а также для совершенствования методов безопасного и рационального использования ядерного топлива на атомных электрических станциях.

В результате изучения дисциплины «Ядерный топливный цикл», студент должен знать: основные принципы организации и функционирования топливного цикла ядерной энергетики, ядерно-физические характеристики топливных изотопов и отработавшего ядерного топлива, основные принципы переработки отработавшего ядерного топлива, основные положения обращения с ядерными отходами, основные принципы повышения безопасности и снижения экологического риска ядерного топливного цикла; уметь: творчески применять знания в реальной жизни.

Настоящая дисциплина базируется на таких дисциплинах, как «Ядерная физика», «Нейтронная физика», «Физика ядерных реакторов».

Программа разработана для дневной формы обучения. Общее количество часов – 38. Аудиторное количество часов, отводимых на дисциплину в соответствии с учебным планом - 24, из них: лекций – 20 часов, практических занятий - 4. Форма отчетности: зачет.

Тематический план курса

№ п/п	Название темы	Лекции (часы)	Практ. занятия	Лаб. занятия	Всего
1	Введение. Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в XXI веке.	2			2
2	Ядерно-физические свойства топлива для энергетических ядерных реакторов.	2			2
3	Производство ядерного топлива.	2			2
4	Выгорание топлива и накопление продуктов деления в энергетическом реакторе.	2	2		4
5	Открытый ядерный топливный цикл.	2			2
6	Замкнутый ядерный топливный цикл.	2	2		4
7	Переработка отработавшего	2			2

	ядерного топлива.				
8	Смешанное уран – плутониевое ядерное топливо.	2			2
9	Обращение с ядерными отходами топливного цикла.	2			2
10	Безопасность и экологические риски ядерного топливного цикла.	2			2
	Итого	20	4		24

Содержание дисциплины

1. Введение. Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в XXI веке. Мировые ресурсы естественного урана. Классификация ядерных энергетических реакторов. Ядерные реакторы IV поколения.

2. Ядерно-физические свойства топлива для энергетических ядерных реакторов. Уран – плутониевый и торий – урановый топливные циклы. Нейтронные сечения топливных изотопов. Делительные характеристики топливных изотопов.

3. Производство ядерного топлива. Добыча естественного урана. Метод газовой диффузии для обогащения урана. Метод газового центрифугирования для обогащения урана. Лазерный метод разделения изотопов. Оксидное топливо энергетических ядерных реакторов. Потребности АЭС в топливе.

4. Выгорание топлива и накопление продуктов деления в энергетическом реакторе. Выгорание топлива для уран – плутониевого топливного цикла. Накопление минорных актинидов. Воспроизводство ядерного топлива в ядерном реакторе. Образование, распад и выгорание продуктов деления.

5. Открытый ядерный топливный цикл. Общая характеристика открытого топливного цикла. Материальный баланс для открытого топливного цикла тепловых реакторов. Первоначальный состав отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Нейтронное и гамма излучение и остаточное энерговыделение ОЯТ. Пристанционное хранение и обращение с ОЯТ.

6. Замкнутый ядерный топливный цикл. Основные проблемы замкнутого топливного цикла. Принципиальная схема замкнутого топливного цикла. Мировые тенденции в развитии ядерного топливного цикла.

7. Переработка отработавшего ядерного топлива. Состояние промышленности переработки ОЯТ в мире и России. Общая схема радиохимической переработки ОЯТ.

8. Смешанное уран – плутониевое ядерное топливо. Основные характеристики смешанное уран – плутониевое оксидного ядерного топлива (МОХ топлива). Схемы многократного использования МОХ топлива. Возможность использования минорных актинидов в качестве топлива.

9. Обращения с ядерными отходами топливного цикла. Радиотоксичность ОЯТ без радиохимической переработки. Проекты долговременного захоронения ОЯТ. Радиотоксичность ядерных отходов после радиохимической переработки. Трансмутация ядерных отходов.

10. Безопасность и экологические риски ядерного топливного цикла. Безопасность на предприятиях ядерного топливного цикла. Сравнение уровня эмиссии CO₂ в ядерной энергетике и других способов генерации энергии. Радиотоксичность изотопов, вовлечённых в ядерный топливный цикл. Сравнение радиоактивных доз для населения при использовании ядерной энергетики с естественными радиоактивными источниками.

Информационно-методическая часть

Рекомендуемые темы для самостоятельной работы

Тема 1. Нейтронное излучение ОЯТ.

Тема 2. Материальный баланс ядерного топлива открытого цикла.

Тема 3. Воспроизводство ядерного топлива в реакторе.

Рекомендуемые темы для практических занятий

Тема 1. Выгорание и накопление тяжёлых изотопов и продуктов деления.

Тема 2. Оценка потребности АЭС в топливе.

Рекомендуемая литература

Основная

1. В.М. Лебедев. Ядерный топливный цикл: Технологии, безопасность, экономика. М.: Энергоатомиздат, 2005.
2. А.М. Афров, С.А. Андрушечко, В.Ф. Украинцев, Б.Ю. Васильев, К.Б. Косуров, Ю.М. Семченков, Э.Л. Кокосадзе, Е.А. Иванов. ВВЭР-100: физические основы эксплуатации ядерное топливо, безопасность. М.: Университетская книга, Логос, 2006.
3. Ю.М. Ширков, Н.П. Юдин. Ядерная физика, М.: 1980.

Дополнительная литература

1. B.L. Cohen. High/level radioactive waste from light/water reactors. Reviews of Modern Physics, Vol. 49, No. 1, 1977, pp. 1 – 20.
2. Country Nuclear Fuel Cycle Profiles- Technical reports series No. 425, Vienna, IAEA, 2005.