

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖАЮ

Проректор по учебной работе

Белорусского государственного университета

А.Л. Толстик

(подпись)

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 167 /уч.

ТОПЛИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 06 Ядерные физика и технологии**

Минск 2015

Учебная программа составлена на основе Образовательных стандартов ОСВО 1-31 04 06 2013 и ОСВО 1-31 04 07-2013, утвержденной и введенной в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 88 от 30.08. 2013 и Учебного плана №G 31-088/уч;

СОСТАВИТЕЛЬ:

Н.Н. Черенда — доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Э.А. Чернявская — профессор кафедры ядерной физики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор;

О.В. Гусакова — доцент Международного государственной экологического университет имени Сахарова, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики твердого тела
физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 13 от 19 05 2015);

Советом физического факультета
(протокол № 9 от 28 05 2015 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины "Топливные материалы ядерных реакторов" разработана для специальности 1-31 04 06 Ядерная физика и технологии.

Цель учебной дисциплины — формирование у студентов целостных представлений о применяемых в ядерных реакторах топливных материалах и закономерностях изменения их свойств. *Основные задачи учебной дисциплины* — ознакомление студентов с основными видами топлива для ядерных реакторов, его свойствами, совместимостью с конструкционными материалами, его коррозией и поведением в условиях работы ядерных реакторов, получение представлений о перспективных видах топлива и основных направлениях развития исследований по этой тематике.

Ядерная энергетика является важной составной частью производства электроэнергии. Ключевыми вопросами развития ядерной энергетики являются безопасность и экономичность. Надежность функционирования ядерного реактора, его энергетические, экономические и другие характеристики в первую очередь определяются надежностью и предсказуемостью изменения параметров тепловыделяющих элементов, работающих в условиях радиационного облучения, протекания коррозионных процессов и действия высоких механических нагрузок. Основу тепловыделяющих элементов составляют различные виды ядерного топлива. В данном курсе описываются структура и свойства применяемых в настоящее время и разрабатываемых топливных материалов ядерных реакторов. Рассматривается поведение топливных материалов при высоких температурах и облучении. Особое внимание уделяется вопросам совместимости ядерного топлива с конструкционными материалами.

Материал курса основан на знаниях и представлениях, заложенных в следующих дисциплинах: «Ядерная физика», «Введение в физику твердого тела», «Методы механических испытаний».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные виды топлива ядерных реакторов и методы его получения;
- ядерно-физические и механические свойства ядерного топлива;
- условия совместимости топлива с применяемыми в реакторах конструкционными материалами;
- изменение структуры и свойств топлива в условиях облучения и высоких температур;
- перспективные виды топлива для ядерных реакторов

уметь:

- определять возможные совместимые топливные и конструкционные материалы в условиях работы конкретного типа ядерного реактора;
- предсказать изменение структуры и свойств топливных материалов в штатных условиях работы ядерного реактора;
- рассчитать теплофизические параметры топлива в зависимости от температуры и условий облучения;

владеть:

- базовыми принципами расчета теплофизических характеристик топливных материалов;
- базовыми принципами прогнозирования свойств топливных материалов, исходя из данных об условиях его работы;

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины — 88, из них количество аудиторных часов — 34.

Форма получения высшего образования — очная, дневная,

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и семинарских занятий. На проведение лекционных занятий отводится 22 часа, на семинарские занятия — 12 часов.

Занятия проводятся на 5-м курсе в 9-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов				
		Аудиторных				Самост. работа
		Лекции	Практич.,	Семинар.	Лаб. занятия	
1	Общая характеристика топливных материалов ядерных реакторов.	2		2		2
2	Металлическое ядерное топливо.	4				10
3	Оксидное ядерное топливо	8		2		10
4	Карбидное и нитридное ядерное топливо	6				5
5	Дисперсное ядерное топливо	2		8		2
	Экзамен					25
	ВСЕГО ЧАСОВ	22		12		54

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Общая характеристика топливных материалов ядерных реакторов.	2		2					
1.1	Состав ядерного топлива, его классификация. Требования к ядерному топливу, условия его работы.	2		2			[1] [2]		
2	Металлическое ядерное топливо.	4							
2.1	Уран и его свойства. Термическая обработка и циклическая термическая обработка урана. Совместимость урана с конструкционными материалами оболочек твэлов. Влияние облучения на уран. Сплавы урана.	2					[3] [4] [5]		
2.2	Плутоний и его свойства. Кинетика фазовых превращений в плутонии. Циклическая термическая обработка плутония. Термическая обработка плутония. Коррозия плутония. Сплавы плутония.	2					[5] [6] [7]		
3	Оксидное ядерное топливо	8		2					
3.1	Технологические свойства порошков и методы получения порошков UO_2 . Требования к таблеткам оксидного ядерного топлива. Основные технологические процессы получения таблеток UO_2 . Пористая и зеренная структура таблеток UO_2 . Промышленная технология спекания таблеток UO_2 .	2					[1]		
3.2	Структурно-фазовое состояние и физико-химические свойства диоксидов.	2					[1] [2]		
3.3	Механические свойства диоксидов. Структурные изменения	2					[1]		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Физическое материаловедение. / Под общ. ред. Б.А. Калина. Учебник для вузов. Том 6. Ч. 2. – М.: МИФИ, 2008.
2. Топливо и материалы ядерной техники. Уч. пособие. Л.А. Беляев, А.В. Воробьев, П.М. Гаврилов, Д.В. Гвоздяков, В.Е. Губин. Томск: Изд-во ТПУ. 2010.
3. А.Н. Холден. Физическое материаловедение урана. Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии. М. 1962
4. В.В. Герасимов. Коррозия урана и его сплавов. М.: Атомиздат, 1965.
5. Дегальцев Ю.Г., Понамарев-Степной Н.Н., Кузнецов В.Ф., Поведение высокотемпературного ядерного топлива при облучении. М.: Энергоатомиздат, 1987.
6. Вольский А. Н., Стерлин Я. М., Металлургия плутония. М.: Наука. 1967
7. К. Бэгли. Плутоний и его сплавы. Издательство главного управления по использованию атомной энергии при Совете Министров СССР, Москва, 1958.
8. Годин Ю.Г., Тенишев А.В. Карбидное ядерное топливо: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007.

Дополнительная

1. Ф.Я. Овчинников, Л.И. Голубев, В.Д. Добрынин, В.И. Клочков, В.В. Семенов, В.М. Цыбенко. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1977
2. В.В. Герасимов, А.С. Монахов. Материалы ядерной техники. Учебник для вузов. М. Энергоиздат. 1982, 288 с.
3. Будов В.Ф., Фарафонов В.А. Конструирование основного оборудования АЭС. М.: Энергоатомиздат. 1985
4. Плутоний. Фундаментальные проблемы. В 2-х томах, пер. под редакцией Б. А. Надьто, Л. Ф. Тимофеевой, РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, 2003
5. Зверков В.В. Эксплуатация ядерного топлива на АЭС с ВВЭР. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
6. В.И. Бойко и др. Перспективные ядерные топливные циклы и реакторы нового поколения. Томск: Изд-во ТПУ, 2005.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольные работы по разделам дисциплины;
2. Защита реферативных работ.
3. Устные опросы.

**Примерный перечень мероприятий для контроля качества
усвоения знаний по учебной дисциплине**

Рекомендуемые разделы для составления заданий к контрольным работам

1. Общая характеристика топливных материалов ядерных реакторов
2. Металлическое ядерное топливо
3. Оксидное ядерное топливо
4. Карбидное и нитридное ядерное топливо
5. Дисперсное ядерное топливо

Примерная тематика реферативных работ

1. Тепловыделяющие элементы и тепловыделяющие сборки.
2. Ядерный топливный цикл.
3. Обогащение урана.
4. Коррозия урана.
5. Совместимость сплавов урана с конструкционными материалами оболочек твэлов.
6. Влияние облучения на сплавы урана.
7. Самооблучение плутония.
8. Совместимость компонентов и радиационная стабильность дисперсного ядерного топлива.
9. Применение дисперсного ядерного топлива в ядерных реакторах
10. Дисперсные твэлы и тепловыделяющие сборки высокотемпературных реакторов
11. Микротвэлы и их конструктивные особенности
12. Выход продуктов деления из топлива высокотемпературных реакторов
13. Миграция топливных микросфер в микротвэлах
14. Коррозия покрытий микротвэлов
15. Напряженно-деформированное состояние микротвэлов

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать контрольные работы по разделам дисциплины, защиту реферативных работ, устные опросы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольная работа проводится в письменной форме. Каждое из заданий включает в себя два вопроса по соответствующим тематическим разделам, а также может включать задачи. На выполнение работы отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа разрешается использовать справочные и учебные издания. Оценка результатов контрольной работы проводится по десятибалльной шкале.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за каждое из письменных тестирований и оценки за защиту реферата.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета и экзамена.

Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости — 0,3; для экзаменационной оценки — 0,7.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Материалы ядерной техники	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 17 от 25 . 06 .2014
Методы механических испытаний	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 17 от 25 . 06 .2014
Конструкционные материалы ядерных реакторов	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 17 от 25 . 06 .2014

