



Утвърдил: .....

Декан

Дата .....

## СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ"

**Факултет: Физически**

Специалност: (код и наименование)

--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Ядрена техника и ядрена енергетика**

**Бакалавърска програма: (код и наименование)**

--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Ядрена техника и ядрена енергетика**

### УЧЕБНА ПРОГРАМА

Дисциплина: 

--	--	--	--

### *Атомни електрически централи*

**Преподавател: д-р инж. Емил Кичев**

Асистент: д-р Емил Кичев, преподаватели от катедра ЯТЯЕ

Учебна заетост	Форма	Хорариум
Аудиторна заетост	Лекции	30
	Семинарни упражнения	15
	Практически упражнения (хоспитиране)	0
<b>Обща аудиторна заетост</b>		<b>45</b>
	Доклад/Презентация	30
	Учебна екскурзия	
	Самостоятелна работа в библиотека или с ресурси	15
<b>Обща извънаудиторна заетост</b>		<b>45</b>
<b>ОБЩА ЗАЕТОСТ</b>		<b>90</b>
<b>Кредити аудиторна заетост</b>		<b>1.5</b>
<b>Кредити извънаудиторна заетост</b>		<b>1.5</b>
<b>ОБЩО ЕКСТ</b>		<b>3.0</b>

№	Формиране на оценката по дисциплината <sup>1</sup>	% от оценката
1.	Workshops {информационно търсене и колективно обсъждане на доклади и реферати)	50
2.	Тестова проверка	50

#### Анотация на учебната дисциплина:

Този курс запознава студентите с такива основни въпроси, като историческото развитие на ядрените енергийни реактори; принципите за осигуряване на безопасността при експлоатацията на ядрените реактори; принципа на действие на ядрените реактори; материалите, използвани в ядрената енергетика; конструктивните особености на основните видове ядрени реактори (с вода под налягане (PWR, ВВЕР), кипящи (BWR), с тежка вода (CANDU), графито-газови, графито-водни, с бързи неутрони).

Упражненията се провеждат във вид на семинар и включват разработване на доклад по предварително избрана тема и неговото представяне пред останалите студенти. Всеки студент предварително си избира дадена тема. Темата се разработва във вид на доклад с обем до 10-15 страници. Представянето на доклада се прави по време на упражненията, в рамките на 20 минути чрез слайдове. Останалите 25 минути са за дискусия по темата.

#### Предварителни изисквания:

- Атомна физика и взаимодействия на йонизиращите лъчения с веществото
- Лабораторен практикум Атомна физика и взаимодействия на йонизиращите лъчения с веществото

#### Очаквани резултати:

Придобиване на начални познания по ядрена енергетика, устройството и принципите на експлоатацията на атомните електрически централи.

### Учебно съдържание

#### Лекции

№	Тема:	Хорариум
1	Човек и енергия. (Еволюция на използването на енергията. Енергия и култура. Развитие на техниката. Световно производство на органични материали. Енергия и качество на живота. Енергиен баланс на Земята. Световни енергийни ресурси.)	1
2	Органични и минерални енергийни ресурси. (Класификация. Оценка на световните органични и минерални енергийни ресурси – вода, въглища, нефт, газ, уран, торий.)	1
3	Преобразуване и съхранение на енергията (турбини,	1

<sup>1</sup> В зависимост от спецификата на учебната дисциплина и изискванията на преподавателя е възможно да се добавят необходимите форми, или да се премахнат ненужните.

	комбинирани цикли; автомобилни двигатели, термopомпи; електрически батерии. Показатели за преобразуване на енергия. Размерност, ВТУ за различни видове горива)	
4.	Термодинамика (Развитие. Цикъл на Карно. Цикъл на Ренкин. Коефициент на Полезно Действие (КПД); Производство на електрическа енергия (елементи на една електроцентрала (ЕЦ))	2
5.	Ядрена енергетика (развитие; запаси на уран). Ядреният Реактор (ЯР) като оборудване за производство на (електро)енергия. Принцип на действие на ЯР. Класификация на ЯР според енергията на неутроните, функционалното предназначение; структурата на активната зона; вида на топлоносителя; вида на ядреното гориво; Основни елементи на ЯР. Технологични схеми на Ядрените Електрически Центри (ЯЕЦ).	2
6.	Ядрени горива (уран; уранови съединения; торий; ториеви съединения; плутоний). Свойства; получаване, обогатяване. Горивни цикли с уран, с торий, с плутоний.	2
7.	Материали за ядрените реактори. (Ограничения. Алуминий и алуминиеви сплави. Цирконий и циркониеви сплави. Аустенитни стомани. Перлитни стомани. Теплоносители – вода, течни метали, газове, органични вещества. Забавители – графит, берилий. Материали за регулиращата система – бор и борни съединения, кадмий, хафний, изгарящи поглътители, Материали за биологичната защита)	2
8.	Ядрени реактори със забавител и топлоносител обикновена вода под налягане (PWR/ВВЕР) Технологична схема. Предимства и ограничения. Ядрено- и топлофизични особености. Развитие. Конструкции на ВВЕР-1000 и ВВЕР-440. (корпус, шахта, дъно, кошница, Блок Защитни Тръби – БЗТ); Горен Блок (ГБ), активна зона, касети АРК)	2
9.	Оборудване на първи контур на водо-водните ядрени реактори (ВВЕР). (особености, устройство на ВВЕР-1000 и ВВЕР440). Система тръбопроводи (ГЦТ). Главни Циркулационни Помпи (ГЦП) – предназначение, видове, конструктивни особености, условия на работа). Арматура – изисквания; видове (спирателна, регулираща, предпазна). Система за създаване и регулиране на налягането в първи контур (КН/КО).	2
10.	Оборудване на втори контур на водо-водните ядрени реактори (ВВЕР). (особености, устройство на ВВЕР-1000 и ВВЕР440). Система Главни Парни Тръбопроводи (ГПК). Парни турбини (класификация, устройство).	1

	Кондензатор и регенеративна система. Система Основен Кондензат. Система Подхранваща Вода.	
11.	Парогенератори (ПГ). Предназначение. Видове. Устройство. Параметри и топлинни схеми на ПГ с топлоносител вода под налягане. Хоризонтални ПГ с топлоносител вода под налягане. Вертикални ПГ с топлоносител вода под налягане. Секционни ПГ с топлоносител вода под налягане. ПГ за прегрята пара с топлоносител вода под налягане. Параметри и конструктивна схеми на ПГ с газови топлоносители. ПГ с топлоносител течни метали. Избор на конструктивни материали за ПГ.	1
12.	Водо-химичен режим (ВХР). Методи за почистване на водата. ВХР на първи контур. ВХР на втори контур.	1
13.	Система за вентилация. Принципи. Организация.	1
14.	Системи за безопасност (СБ). Защитни СБ. Локализиращи СБ. Осигуряващи СБ. Системи, Важни за Безопасността (СВБ)	2
15.	Режими на работа на ЯЕЦ. Нормални режими на работа на ЯЕЦ. Отклонения от нормалните режими на работа на ЯЕЦ. Аварийни режими на работа на ЯЕЦ.	1
16.	Ядрени реактори със забавител и топлоносител кипяща вода (BWR). Особенности. Принудителна циркулация.	1
17.	Ядрени реактори с тежка вода. Особенности. Видове – канален, корпусен тип.	1
18.	Ядрени реактори със забавител графит. Особенности. Класификация. Видове ЯР – корпусен тип, усъвършенствани, високо-температурни, графито-водни ЯР.	1
19.	Ядрени реактори с бързи неутрони. Принцип на действие. Видове – БН-350, БН-600. Регулиране и презареждане на ядрени реактори с бързи неутрони.	1
20.	Топлоотделяне, топлообмен и хидравлика в Ядрените Реактори (ЯР). Получаване на топлина в ЯР. Основни фактори за ограничаване на мощността на ЯР. Уравнения на топлинната мощност на ЯР. Разпределение на топлоотделянето в обема на активната зона. Коефициенти на неравномерност. Методи за изравняване на топлоотделянето при хетерогенните ЯР. Особенности на топлообмена в ЯР. Изменение на температурата на топлоносителя по дължина на канала. Температури на обвивката на топло-отделящия елемент (ТОЕ). Температура на Ядреното Гориво (ЯГ). Загуби на налягане и хидравлични съпротивления при движение на топлоносителя. Хидродинамични характеристики на циркуляционния кръг и избор на циркуляционни помпи.	1

	Естествена циркулация на топлоносителя при ЯР с вода под налягане.	
21.	Екологични аспекти на използването на енергията. Потенциални замърсявания от източниците на енергия. Промени в климата (температури, концентрация на въглероден диоксид и азотни окиси в атмосферата). Ограничения в производството на енергия. Използването на вода за производство на енергия. Естествени и предизвикани от човек радиоактивни източници. Ефекти на замърсяването върху здравето на човека.	1
22.	Осигуряване на безопасността при експлоатацията на ЯЕЦ. Риск. Управление на риска. Концепция за защита в дълбочина (дълбоко ешелонирана защита). Физически бариери. Нива на защита. Защитни Функции (ЗФ). Оценка на безопасността - детерминистични и вероятностни анализи на безопасността (ВАБ). Повишаване на изискванията за ядрена безопасност. Модернизация на съществуващите ядрени блокове. Разработване на нови ЯР с повишена ядрена безопасност. Безопасно извеждане от експлоатация на ЯЕЦ. Преработване и съхраняване на радиоактивните отпадъци	2

### **Упражнения**

<b>№</b>	<b>Тема:</b>	<b>Хорариум</b>
1	Човек и енергия (Еволюция на използването на енергията; Енергия и култура. Развитие на техниката. Световно производство на органични материали. Енергия и качество на живота; Енергиен баланс на Земята. Световни енергийни ресурси.)	1
2	Термодинамика (развитие, цикъл на Карно и на Ренкин; Коефициент на Полезно Действие; Производство на електрическа енергия (елементи на електроцентраля)	1
3	Ядрена енергетика (развитие; запаси на уран). Ядреният Реактор (ЯР) - Принцип на действие. Класификация на ЯР според енергията на неутроните, предназначението; структурата на активната зона; вида на топлоносителя и на ядреното гориво; Основни елементи на ЯР. Технологични схеми на Ядрените Електрически Центри (ЯЕЦ).	2
4.	Ядрени горива (уран, торий, плутоний и техни съединения). Свойства, получаване, обогатяване. Горивни цикли с уран, торий, плутоний	2
5.	Ядрени реактори със забавител и топлоносител обикновена вода под налягане (PWR/ВВЕР) Технологична схема. Предимства и ограничения. Ядрено- и топло-физични особености. Развитие. Конструкции на ВВЕР-	2

	1000 и ВВЕР-440. (корпус, шахта, дъно, кошница, Блок Защитни Тръби; Горен Блок, активна зона)	
6.	Системи за безопасност (СБ). Защитни СБ. Локализиращи СБ. Осигуряващи СБ. Системи, Важни за Безопасността (СВБ)	1
7.	Видове Ядрени Реактори (ЯР). ЯР със забавител и топлоносител кипяща вода (BWR). Ядрени реактори с тежка вода. ЯР със забавител графит. Особенности. Класификация. Видове ЯР – корпусен тип, усъвършенствани, високо-температурни, графито-водни ЯР. ЯР с бързи неутрони. Принцип на действие. Видове – БН-350, БН-600. Регулиране и презареждане на ЯР с бързи неутрони.	1
8.	Топлоотделяне, топлообмен и хидравлика в Ядрените Реактори (ЯР). Получаване на топлина в ЯР. Основни фактори за ограничаване на мощността. Разпределение на топлоотделянето в обема на активната зона. Коефициенти на неравномерност. Методи за изравняване на топлоотделянето при хетерогенните ЯР. Особенности на топлообмена в ЯР. Изменение на температурата на топлоносителя по дължина на канала. Температури на обвивката на топло-отделящия елемент и на ядреното гориво. Загуби на налягане и хидравлични съпротивления при движение на топлоносителя. Хидродинамични характеристики на циркуляционния кръг. Естествена циркулация на топлоносителя за ЯР с вода под налягане.	1
9.	Режими на работа на ЯЕЦ. Нормални режими на работа на ЯЕЦ. Отклонения от нормалните режими на работа на ЯЕЦ. Аварийни режими на работа на ЯЕЦ	1
10.	Екологични аспекти на използването на енергията. Потенциални замърсявания от източниците на енергия. Промени в климата (температури, концентрация на въглероден диоксид и азотни окиси в атмосферата). Ограничения в производството на енергия. Използването на вода за производство на енергия. Естествени и предизвикани от човек радиоактивни източници. Ефекти на замърсяването върху здравето на човека.	1
11.	Осигуряване на безопасността при експлоатацията на ЯЕЦ. Риск. Управление на риска. Концепция за защита в дълбочина (дълбоко ешелонирана защита). Физически бариери. Нива на защита. Защитни Функции (ЗФ). Оценка на безопасността - детерминистични и вероятностни анализи на безопасността. Повишаване на изискванията за ядрена безопасност. Модернизация на съществуващите ядрени блокове. Разработване на нови ЯР с повишена ядрена безопасност. Безопасно извеждане от	2

експлоатация на ЯЕЦ. Преработване и съхраняване на радиоактивните отпадъци.	
---	--

### **Библиография**

#### **Основна:**

1. Глухов, Г. А., М. П. Лаков, Ядрени реактори и парогенераторни инсталации, СИЕЛА, С., 1999
2. Г. Глухов, Ядрени Енергийни реактори, Второ основно преработено и допълнено издание, ИФО ДИЗАЙН, София, 1979, 2004
3. Маргулова, Т. Х., Атомные электрические станции, Высшая школа, М., 1984
4. Овчинников, Ф. Я., В.А. Вознесенский, В. В. Семенов., Эксплуатационные режимы с АЭС с ВВЭР-1000, Энергоатомиздат, М., 1992
5. Батов, С. Г., Тепло-электрически и ядрени централи, Техника, С., 1988

#### **Допълнителна:**

1. IAEA, Status of advanced light water reactor designs, 2004, IAEA-TECDOC-1391, (2004)
2. IAEA, Innovative small and medium sized, reactors: Design features, safety, approaches and R&D trends, IAEA-TECDOC-1451, (2005)
3. IAEA, Advanced nuclear plant design options to cope with external events IAEA-TECDOC 1487, (2006)
4. IAEA, Advanced fuel pellet materials and designs for water cooled reactors, IAEA-TECDOC-1416, (2004)
5. IAEA, Status of liquid metal cooled fast reactor technology, IAEA, TECDOC 1083, (1999)
6. IAEA, High temperature gas cooled reactor technology development, IAEA-TECDOC-0988, (1997)
7. IAEA, Advances in heavy water reactor technology, IAEA-TECDOC-0984, (1997)
8. IAEA, Performance analysis of WWER-440-230 nuclear power plants, IAEA-TECDOC-0922, (1997)
9. IAEA, Nuclear power - An overview in the context of alleviating greenhouse gas emissions, IAEA TECDOC 0793, (1995)
10. IAEA, Safety aspects of designs for future light water reactors (evolutionary reactors), IAEA, TECDOC 0712, (1993)
11. Roberth L. Lofthness, D.Sc., Energy Book, Second Edition, (1984)

**Дата: 09.03.2013 г.**

**Съставил:**

д-р инж. Е. Кичев