

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
имени Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической физики
имени академика Ф.М. Митенкова (ИЯЭиТФ)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЯЭиТФ

М.А. Легчанов
25марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ОД.5 «Экономика ядерной энергетики»
для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 14.03.02 "Ядерные физика и технологии"
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: "Ядерные реакторы и энергетические установки"
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: 2025

Выпускающая кафедра: ЯРиЭУ
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: ЯРиЭУ
(аббревиатура кафедры)

Объем дисциплины: 144/4
(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация: Экзамен
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Разработчик(и): Андреев В.В., д.т.н., профессор
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2025 год

Рецензент: Бокова Т.А., к.т.н., доцент кафедры АТС
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание) _____ (подпись)

10 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 14.03.02 "Ядерная физика и технологии", утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 28.02.2018 № 150 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол № 7 от 19.12.2024 г.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры разработчика программы протокол № 6 от 11.03.2025 г.

Зав. кафедрой, *д.т.н., профессор, Андреев В.В* _____
подпись

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИЯЭиТФ, где реализуется данная программа, протокол № 1 от 19.03.2025 г.

Председатель УМС, директор ИЯЭиТФ _____ М.А. Легчанов

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № _____

Начальник МО _____ Е.Г. Севрюкова

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	10
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	18
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	20
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	21
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	22
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	23
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	24

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины являетсяприобретение студентами знания основ экономики ядерных и тепловых энергетических установок.

1.2. Задачи освоения дисциплины:освоение процедуры выполнения технико-экономических расчетов топливного цикла ЯЭУ и ТЭС, технико-экономических показателей производства энергии и топлива на АЭС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) Б1.В.ОД.5 «Экономика ядерной энергетики» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Изучение дисциплины осуществляется на 4-ом курсе в 7-ом семестре. Кроме дисциплины «Экономика ядерной энергетики» в формировании компетенции ПКС-5 параллельно участвуют дисциплины «Радиационная безопасность», «Принципиальные схемы судовых ядерных энергетических установок», «Физика ядерных реакторов», «Основы проектирования защиты ядерных энергетических установок», «Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок», «Генерация пара», «Управление качеством и техническое регулирование на предприятиях атомного энергетического машиностроения», «Кинетика ядерных реакторов», «Тепловые схемы ядерных энергетических установок», «Теплотехнические измерения», «Турбомашины», «Паровые и газовые турбины», «Циркуляторы физико-энергетических установок», «Ядерные топливные материалы», «Технология конструкционных материалов»,«Преддипломная практика», «Дополнительные главы по циркуляторам физико-энергетических установок».

Студенты в процессе изучения дисциплины «Экономика ядерной энергетики» получают необходимые практические навыки и знания в области экономики ядерной энергетики.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья РПД разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Все это является основой для дальнейшей подготовки студента как высококвалифицированного специалиста в области ядерных энергетических установок, свободно владеющего современными методами технико-экономического анализа современных ядерных энергетических установок.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Этапы формирования компетенций

В результате освоения дисциплины «Экономика ядерной энергетики» у обучающегося частично формируется компетенция ПКС-5, полное формирование которых последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

Таблица 1 - Формирование компетенции ПКС-5

Код компетенции	Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками							
		1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.	5 сем.	6 сем.	7 сем.	8 сем.
ПКС-5	Тепловые схемы ядерных энергетических установок								
	Теплотехнические измерения								
	Радиационная безопасность								
	Принципиальные схемы судовых ядерных энергетических установок								
	Циркуляторы физико-энергетических установок								
	Насосы и компрессоры								
	Научно-исследовательская работа								
	Дополнительные главы по циркуляторам физико-энергетических установок								
	Экономика ядерной энергетики								
	Турбомашины								
	Паровые и газовые турбины								
	Ядерные топливные материалы								
	Технология конструкционных материалов								
	Физика ядерных реакторов								
	Генерация пара								
	Основы проектирования защиты ядерных энергетических установок								
	Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок								
	Системы автоматического управления								
	Кинетика ядерных реакторов								
	Преддипломная практика								
	Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР								

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Профессиональная компетенция ПКС-5 формируется с приобретением знаний, умений и навыков, сформулированных в дескрипторах достижения этих компетенций и с которыми обучающийся готов выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2).

Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
		Знать	Уметь	Владеть	Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС-5 Способен провести расчет, концептуальную и проектную проработку, технико-экономический анализ современных физических установок, обеспечить их безопасность с использованием современных информационных технологий, современных систем учета и контроля ядерных материалов, методов обеспечения их защищенности	ИПКС-5.1 - Проводит расчет, концептуальную и проектную проработку, технико-экономический анализ современных физических установок с учетом требований безопасности	-производственные фонды АЭС (ЯЭУ) -издержки производства и себестоимость продукции -основные отличительные особенности топливных циклов	-проводить сопоставление текущих и одновременных затрат -оценивать срок окупаемости и коэффициент сравнительной экономической эффективности	-навыками поведения технико-экономических расчетов при решении различных общепрограммных задач, а также задач проектирования и эксплуатации ЯЭУ с учетом их специфики	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критерию 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов

Освоение дисциплины причастно к ТФ А/02.6 «Инженерно-физическое сопровождение эксплуатации активной зоны реакторной установки» (ПС 24.028 «Специалист ядерно-физической лаборатории в области атомной энергетики») и решает следующие задачи:

- Проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов.
- Контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (з.е.) или 144 академических часа, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем - 74 часа, самостоятельная работа обучающихся - 34 часа (таблица 3).

Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч/з.е.	
	Всего	в том числе в 7 семестре
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость, ч/з.е.	144/4	144/4
1. Контактная работа:	74	74
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	68	68
Занятия лекционного типа (Л)	34	34
Практические занятия (Пр)	34	34
1.2. Внеаудиторная работа, в том числе:	6	6
Консультации по дисциплине	6	6
2. Самостоятельная работа студентов, в том числе:	34	34
Проработка источников информации (повторение пройденного материала, изучение и конспектирование рекомендованной литературы)	18	18
Подготовка к практическим занятиям	16	16
3. Контроль (подготовка и сдача экзамена)	36	36

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тематический план освоения дисциплины по видам учебной деятельности приведен в таблице 4. Здесь указано структурное распределение объемов (в часах) разделов и тем дисциплины по видам учебной работы, аудиторных и внеаудиторных занятий, самостоятельной работы студента и периодического (текущего) контроля.

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы, ч						Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа				Самостоятельная работа студентов	Контроль				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические работы	Консультации по дисциплине						
ПКС-5 ИПКС-5.1	1. Введение. Программа курса. Роль энергии в развитии производительных сил. Потребление энергии, темпы роста, структура.	3	-	-	0,5	1	-	п. 2 табл. 10 РПД, стр. 6 - 13	Семинар - диалог	-	-
	1.1 Практическая работа. Решение задач по теме 1	-	-	6	-	3	-	-		-	-
	2. Атомная электроэнергетика и атомная теплофикация.	3	-	-	0,5	1	-	п. 2 табл. 10 РПД, стр. 13 - 22	Семинар - диалог	-	-
	3. Экономическая сущность основных и оборотных фондов	3	-	-	0,5	1	-	п. 2 табл. 10 РПД, стр. 22 - 30	Семинар - диалог	-	-
	1.2 Практическая работа. Решение задач по теме 2	-	-	7	-	3	-	-	-		
	4. Показатели эффективности использования производственных фондов.	2,5	-	-	0,5	1	-	п. 2 табл. 10 РПД, стр. 30 - 32	Работа в малых группах	-	-
	5. Сущность и значение категории себестоимость. Классификация. Издержки производства по различным признакам.	3	-	-	0,5	1	-	п. 2 табл. 10 РПД, стр. 32 - 45	Работа в малых группах	-	-
	1.3 Практическая работа. Решение задач по теме 3	-	-	7	-	3	-	-	-	-	-
	6. Цены на промышленную продукцию. Тарифы на электроэнергию и тепло.	2,5	-	-	0,5	1	-	п. 1 табл. 10 РПД, стр. 100 - 103	Работа в малых группах	-	-
	7. Сопоставление текущих и одновременных затрат в масштабах народного хозяйства. Срок окупаемости и коэффициент сравнительной экономической эффективности.	3	-	-	0,5	2	-	п. 2 табл. 10 РПД, стр. 72 - 76	Работа в малых группах	-	-
	1.4 Практическая работа. Решение задач по теме 4	-	-	7	-	3	-	-	-	-	-
	8. Методики и критерии оценки экономической эффективности	2,5	-	-	0,5	2	-	п. 1 табл. 10 РПД, стр. 107 - 115	Работа в малых группах	-	-

	9.Основные понятия о технологии и экономике производства ядерного топлива.	3	-	-	0,5	2	-	п. 1 табл. 10 РПД, стр. 10 - 28	Семинар - диалог	-	-
	10.Экономическая эффективность реакторов различного типа в энергетике. Системный подход к оценке топливной составляющей приведенных затрат.	2,5	-	-	0,5	2	-	п. 1 табл. 10 РПД, стр. 115 - 119	Семинар - диалог	-	-
	1.5 Практическая работа. Решение задач по теме 5	-	-	7	-	5	-	-	-	-	-
	11.Использование ядерного реактора в качестве двухцелевой и трехцелевой установки.	3	-	-	0,5	2	-	п. 1 табл. 10 РПД, стр. 60 - 64	Семинар - диалог	-	-
	12.Малая ядерная энергетика. Экономика альтернативных ядерных установок	3	-	-	0,5	2	-	п. 2 табл. 10 РПД, стр. 100 - 105	Семинар - диалог	-	-
	Контроль	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-
ИТОГО:		34	-	34	6	34	36				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценки знаний, умений и навыков или опыта деятельности

Таблица 5 – Перечни контрольных вопросов и заданий по темам занятий для проведения текущего контроля успеваемости

Номер темы		Перечни контрольных вопросов и заданий
цикла лекций	практических занятий	
1	-	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Роль энергии в развитии производительных сил. Потребление энергии, темпы роста, структура»: Что понимают под топливно-энергетическим комплексом (ТЭК)? Какой метод используется для анализа и оптимизации развития ТЭК? Какова роль электроэнергетики в экономике страны? Какова доля АЭС и ТЭС в выработке электроэнергии в России в настоящее время и в перспективе? Назовите Основные типы атомных реакторов, используемых на отечественных АЭС Каково назначение и условия использования атомных станций теплоснабжения (АСТ)? В чем состоит основное преимущество АЭС с реакторами БН?
-	1.1	Решение задач по вариантам: Задача 1. Сравнить теплотворные способности нуклидов, приведенных в таблице (кроме U^{238}), в реакторе на тепловых нейтронах. Энергия нейтронов 0,025 эВ. Для U^{233}: $\nu=2,51$; $\sigma_{\gamma}=53$ барн; $\sigma_f=525$ барн. Для U^{235}: $\nu=2,43$; $\sigma_{\gamma}=101$ барн; $\sigma_f=582$ барн. Для Pu^{241}: $\nu=2,96$; $\sigma_{\gamma}=375$ барн; $\sigma_f=1025$ барн. Вклад в процесс радиационного захвата нейтронов $E_1=7$ МэВ; $E_{св}=5$ МэВ; $\kappa=4,44 \cdot 10^{-20} \frac{кВт \cdot ч}{МэВ}$ Задача 2. Сравнить годовой расход топлива на АЭС с ВВЭР-1000 и тепловой станции той же мощности, потребляющей мазут. В расчетах принять: коэффициент использования установленной мощности КИУМ= 0,7; $\eta_{АЭС}=0,32$; $\eta_{ТЭС}=0,42$. Тепловая способность мазута (низшая)= 30 МДж/кг. Средняя глубина выгорания топлива $\bar{B}=35$ МВт сут/кг т.а. Задача 3. Оценить количество U^{235}, разделившегося и выгоревшего за один год работы реактора ВВЭР-1000 при КИУМ= 0,7. Накоплением и делением плутония пренебречь. Вклад в энерговыделение U^{238} принять на уровне 2%; $\sigma_{\gamma}=101$ барн; $\sigma_f=582$ барн; $a=0,975$ МВт(тепл)сут/г; $\eta=0,32$. Задача 4. Определить потребность в природном уране и в разделительных работах для первоначальной загрузки ВВЭР-1000. Масса загружаемого топлива $M_0=70$ т, среднее обогащение урана $Z_0=4\%$. Принять содержимое U^{235} в отвале $Z_{отв}=0,2\%$; $Z_{np}=0,711\%$. Задача 5. Определить потребность в природном уране и в разделительных работах для первоначальной загрузки РБМК-1000. Масса загружаемого топлива $M_0=180$ т, среднее обогащение урана $Z_0=2\%$. Принять содержимое U^{235} в отвале $Z_{отв}=0,2\%$; $Z_{np}=0,711\%$. Задача 6. Определить потребность в природном уране и в разделительных работах для первоначальной загрузки БН-600. Масса загружаемого топлива $M_0=8,5$ т, среднее обогащение урана $Z_0=20\%$. Принять содержимое U^{235} в отвале $Z_{отв}=0,2\%$; $Z_{np}=0,711\%$. Задача 7. Определить ежегодные потребности в природном уране и в разделительных работах

АЭС с ВВЭР-1000 при невозврате отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в энергетику (т.е. открытом топливном цикле). Определить удельную потребность в природном уране на $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ выработанной электроэнергии. $\bar{B} = 33 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{кг т.а.}$; КИУМ=0,7; $\gamma_{np}^{ВВЭР} = 7,436$; $n_{ЕРР} = 6,5446$; $\eta_{АЭС} = 0,32$.

Задача 8. Определить ежегодные потребности в природном уране и в разделительных работах АЭС с РБМК-1000 при невозврате отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в энергетику (т.е. открытом топливном цикле). Определить удельную потребность в природном уране на $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ выработанной электроэнергии. $\bar{B} = 18 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{кг т.а.}$; КИУМ=0,9; $\gamma_{np}^{РБМК} = 3,522$; $n_{ЕРР} = 2,1935$; $\eta_{АЭС} = 0,32$.

Задача 9. Определить ежегодные потребности в природном уране и в разделительных работах АЭС с БН-600 при невозврате отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в энергетику (т.е. открытом топливном цикле). Определить удельную потребность в природном уране на $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ выработанной электроэнергии. $\bar{B} = 100 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{кг т.а.}$; КИУМ=0,7; $\gamma_{np}^{БН} = 38,75$; $n_{ЕРР} = 45,74$; $\eta_{АЭС} = 0,4$.

Задача 10. Ледокол с двумя реакторами тепловой мощностью 300 МВт каждый идет со скоростью 20 узлов. Определить расход обогащенного урана и U^{235} на милю пути, если реакторы работают на 50% номинальной мощности. Среднее выгорание топлива $\bar{B} = 20 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{кг т.а.}$; $\sigma_{\gamma} = 101 \text{ барн}$; $\sigma_f = 582 \text{ барн}$; $a = 0,975 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{г}$.

Задача 11. Определить расход природного урана на милю пути, если после однократного использования загрузки уран дообогащается и возвращается в активные зоны реакторов ледокола. Накоплением и сжиганием плутония пренебречь. Среднее обогащение урана $z = 20\%$. Содержание U^{235} в отвалах принять 0,2%. $\bar{B} = 20 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{кг т.а.}$; $\varepsilon_{ХП} = 1$; ПК=0; $\gamma_{np} = 38,75$; $G_{об.У} = 0,031 \frac{\text{кг}_{об.У}}{\text{милю}}$.

Задача 12. Определить годовую потребность в природном уране и разделительных работах для ВВЭР-1000, если после химической переработки уран из ОЯТ дообогащается и возвращается в топливный цикл. Потери урана при переработки и дообогащении принять равными 3%.

Задача 13. Ледокол с двумя реакторами тепловой мощностью 300 МВт каждый идет со скоростью 20 узлов. Определить расход обогащенного урана и U^{235} на милю пути, если реакторы работают на 50% номинальной мощности. Среднее выгорание топлива $\bar{B} = 60 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{кг т.а.}$

Задача 14. Определить ежегодную наработку делящегося плутония в ВВЭР-1000, если его концентрация в выгружаемом топливе определяется аппроксимационной формулой $z_{Pu} = 0,0065(1 - \exp(-100 z_{шт}))$. $\bar{B} = 33 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{кг т.а.}$

Задача 15. Определить коэффициент воспроизводства в реакторе типа БН. Баланс нейтронов приведен в таблице. Оценить скорость наработки товарного плутония при работе в режиме самообеспечения. Тепловая мощность реактора 1000 МВт , КИУМ=0,7; $a = 1,001 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{г}$. Оценить скорость наработки низкофонового плутония в зонах воспроизводства.

Задача 16. Определить годовую потребность реактора БН-600 в топливе для АЗ и ЗВ при следующих условиях: $\bar{B}_{АЗ} = 100 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{кг т.а.}$; КИУМ=0,7; $\eta = 0,4$; $a = 1,001 \text{ МВт}(\text{тепл.}) \cdot \text{сут} / \text{г}$, средняя норма накопления в боковой ЗВ $z_{БЗВ} = 0,01$ (или 10 кг плутония на тонну урана), в ней выделяется 10% тепловой энергии, торцевая ЗВ отсутствует.

Задача 17. Определить годовую потребность АЗ реактора типа БН-800 в природном уране и разделительных работах, если загрузка производится обогащенным ураном со средним

		обогащением $Z_0=0,20$. $\bar{B}=100\text{МВт(тепл.)сут/кг т.а.}$, $\eta=0,4$; КИУМ=0,7; $n_{EPP}=45,74$ $\frac{EPP}{K^2_{об.U}}$ Возвратом урана из ОЯТ пренебречь. Считать, что 25% энергии вырабатывается за счет деления U^{238} и накапливающегося плутония.
2		Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Атомная электроэнергетика и атомная теплофикация»: Перечислите отличительные свойства ядерной энергетики? Какова ресурсная обеспеченность ядерной энергетики? Что понимают под внешним топливным циклом АЭС? Перечислите характерные топливные циклы АЭС. Что называют вторичным топливом АЭС? Перечислите статьи расходов, формирующих цену топлива в разомкнутом топливном цикле. Как оцениваются топливные издержки АЭС при использовании замкнутого топливного цикла?
3		Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Экономическая сущность основных и оборотных фондов»: Какой критерий может быть использован для выбора оптимальных технических решений в условиях плановой экономики? Что понимают под «замораживаем» капиталовложений на период строительства АЭС, ТЭС? Сформулируйте условия энергетической сопоставимости вариантов технических решений (например, АЭС и КЭС) Назовите условия экономической сопоставимости вариантов технических решений в энергетике В чем заключается сущность метода дисконтированных затрат? Перечислите основные критерии для отбора вариантов технических решений в условиях рыночной экономики
-	1.2	Решение задач по вариантам: Задача 2.1. Оценить полные и удельные капитальные вложения в сооружение АЭС с реакторами ВВЭР-1000 без затрат на топливо и оборотные средства при следующих массовых характеристиках основного технологического оборудования: реактор – 500т, парогенератор – 1200т, ГЦН – 400т, трубопроводы и арматура – 100т, турбины и конденсаторы – 1000т Задача 2.2. Оценить полные и удельные капитальные вложения в сооружение для АЭС с реакторами БН-800 при следующих массовых характеристиках: реактор – 3000т, теплообменное оборудование, включая ПГ – 800т, ГЦН – 400т, трубопроводы и арматура – 100т, турбины и конденсаторы – 1000т Задача 2.3. Определить затраты на приобретение первоначального комплекта тепловыделяющих сборок для различных реакторов при заданных условиях (условия задаются индивидуально каждому студенту) Задача 2.4. оценить полные и удельные капитальные вложения в сооружение для угольной ТЭС мощностью 1000 МВт при следующих массовых характеристиках: котлоагрегаты - 1500 т, трубопроводы и арматура - 200 т, турбины и конденсаторы - 650 т. Задача 2.5. Определить фондоотдачу АЭС и ТЭС из предыдущих задач (2.1 -2.3) при цене электроэнергии 0,1 у.е./кВт-ч. Задача 2.6. Сравнить экономическую эффективность трех вариантов графика освоения средств на строительство АЭС с ВВЭР полной стоимостью 1,0 млрд. у. е.: а) равномерно по 25% в течение 4-х лет; б) с распределением по годам: 10%; 25%; 30%; 35%; в) с распределением : 35%; 30%; 25%; 10%. Задача 2.7. Определить, какой вариант строительства АЭС мощностью 1000 МВт выгоднее: а) удельная стоимость АЭС-500 у.е./кВт, строительство ведется четыре года с равномерным освоением средств; б) удельная стоимость - 800 у.е./кВт, но строительство ведется три года также с равномерным освоением средств. Год окончания строительства и пуска - один и тот же для обоих вариантов.

4-8		Перечень контрольных вопросов: То понимают под капиталовложениями в основные фонды АЭС? Каково соотношение удельных капиталовложений в ТЭС и АЭС? Перечислите показатели для оценки эффективности использования основных фондов. Как оценивается стоимость оборотных фондов АЭС? Перечислите статьи эксплуатационных расходов на АЭС. Какова структура себестоимости энергии на АЭС и ТЭС? Как определяется срок службы АЭС? Перечислите условия, необходимые для получения лицензии на продление срока эксплуатации ядерных блоков Что понимают под «замещающей мощностью»? Назовите возможные варианты замены энергоблоков АЭС. По каким критериям оценивается сравнительная экономическая эффективность вариантов «замещающей мощности»?
-	1.3 – 1.4	Решение задач по вариантам: Задача 3.1. Определить среднюю норму амортизационных отчислений на оборудование станции при заданном составе балансовой стоимости основных производственных фондов Задача 3.2. Сравнить вклад амортизационных отчислений в себестоимость электроэнергии на различных ТЭС и АЭС при следующих значениях удельных капитальных вложений: АЭС с ВВЭР: $K_{уд}=500$ у.е./кВт(эл.); АЭС с РБН: $K_{уд}=650$ у.е./кВт(эл.); ТЭС на угле: $K_{уд}=350$ у.е./кВт(эл.); ТЭС на мазуте: $K_{уд}=280$ у.е./кВт(эл.). Задача 3.3. Определить условно-постоянную составляющую себестоимости на ТЭС и АЭС, если средняя годовая оплата труда работника на ТЭС составляет 4000 у.е./чел·год, на АЭС - 5000 у.е./чел·год. Значения коэффициентов взять из [4]. Мощность станции – 1000 МВт(эл.). Задача 3.4. Определить добавку к условно-постоянной составляющей себестоимости электроэнергии в ВВЭР, связанную с возвратом банковского кредита на приобретение основных производственных фондов (строительство). Задача 3.5 Определить добавку к условно-постоянной составляющей себестоимости электроэнергии в БН-800 , связанную с возвратом банковского кредита на приобретение основных производственных фондов (строительство). Задача 3.6. Определить добавку к условно-постоянной составляющей себестоимости электроэнергии в РБМК-1000 , связанную с возвратом банковского кредита на приобретение основных производственных фондов (строительство). Задача 3.7. Определить добавку к условно-постоянной составляющей себестоимости электроэнергии в ТЭС, связанную с возвратом банковского кредита на приобретение основных производственных фондов (строительство). Задача 4.1. Определить стоимость UO_2 с ураном различного обогащения ($z= 0,0071; 0,02; 0,04; 0,10; 0,20$) при следующих условиях: - стоимость природного урана в урановом концентрате- 100 у.е./ кг т.м. - стоимость конверсии концентрата в UF_6 — 10 у.е./ кг т.м. - стоимость конверсии UF_6 в UO_2 -20 у.е./ кг т.м. - стоимость разделительных работ — 50 у.е./ ЕРР Построить график зависимости стоимости UO_2 от обогащения урана при данных условиях. Задача 4.2. Определить стоимость полной загрузки ВВЭР-1000 при следующих стоимостях: природный-уран 100 у.е./кг т.м., разделительные работы 60 у.е./ ЕРР, конверсия UF_6 в UO_2 - 10 у.е./ кг т.м., изготовление твэл и ТВС — 200 у.е./ кг т.м. Содержание U 235 в отвале обогатительного производства 0,26% Обогащение принять равным 4% Задача 4.3. Определить стоимость полной загрузки РБМК1000 при следующих стоимостях: природный уран-100 у.е./ кг т.м., разделительные работы-60 у.е./ ЕРР, конверсия UF_6 в UO_2 - 10 у.е./ кг т.м., изготовление твэл и ТВС — 150 у.е./ кг т.м. Содержание U235 в отвале обогатительного производства 0,26% Обогащение принять равным 2%

		Задача 4.4. Определить стоимость полной загрузки БН 600 при следующих стоимостях: природный уран-100 у.е./ кг т.м., разделительные работы-60 у.е./ ЕРР, конверсия UF₆ в UO₂ - 10 у.е./ кг т.м., изготовление ТВЭЛ и ТВС — 300 у.е./ кг т.м. Содержание U235 в отвале обогатительного производства 0,26% Обогащение принять равным 20% Задача 4.5. Найти топливную составляющую себестоимости электроэнергии ВВЭР-1000 без учета затрат на обращение с отработавшим ядерным топливом при: - среднем выгорании топлива $V=33 \text{ МВт(тепла)·сут/кг т.а.}$ - среднем выгорании топлива $V=50 \text{ МВт(тепла)·сут/ кгт.а.}$ КИУМ=0,7; $\eta=0,32$ (задача 1.2) Стоимость изготовления топлива 1381,3 у.е./кг Задача 4.6. Найти топливную составляющую себестоимости электроэнергии РБМК-1000 без учета затрат на обращение с отработавшим ядерным топливом при: - среднем выгорании топлива $V=10 \text{ МВт(тепла)·сут/кг т.а.}$ - среднем выгорании топлива $V=20 \text{ МВт(тепла)·сут/кг т.а.}$ КИУМ=0,9 (задача 1.8); $\eta=0,34$ Стоимость изготовления топлива 777,88 у.е./кг Задача 4.7. Найти топливную составляющую себестоимости электроэнергии БН-600 без учета затрат на обращение с отработавшим ядерным топливом при: - среднем выгорании топлива $V=70 \text{ МВт(тепла)·сут/кг т.а.}$ - среднем выгорании топлива $V=100 \text{ МВт(тепла)·сут/кг т.а.}$ КИУМ=0,7; $\eta=0,4$ (задача 1.9) Стоимость изготовления топлива 5124,59 у.е./кг
9		Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Основные понятия о технологии и экономике производства ядерного топлива»: Урановый топливный цикл. Плутониевый топливный цикл. Ториевый топливный цикл. Понятие открытого и закрытого топливных циклов. Отличие ТВС реакторов на тепловых нейтронах и на быстрых нейтронах. Периферийная и торцевая зоны воспроизводства. Производственный цикл ядерного топлива.
10-12		Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Экономическая эффективность реакторов различного типа в энергетике, альтернативные и перспективные ядерные энергетические установки»: Сравнение основных экономических показателей действующих АЭС (ВВЭР, РБМК, БН). Атомные станции малой мощности на базе РУ типа РИТМ-200. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы (ВТГР, ГТ-МГР). Основные положения термоядерной энергетики, источники для термоядерных энергетических установок.
-	1.5	Решение задач по вариантам: Задача 5.1. Определить полную себестоимость производства электроэнергии и цену предприятия на различных АЭС и ТЭС. Задача 5.2. Сравнить экономическую эффективность капитальных вложений в АЭС с ВВЭР и ТЭС на органическом топливе той же мощности. Стоимость условного топлива принять равной 250 у.е./т.у.т. Один килограмм условного топлива (7000 ккал или 29,4 МДж) приравнивается к 2,05 кг каменного угля, 0,85 кг природного газа или 0,7 кг мазута. Задача 5.3. Строительство атомной электростанции обходится на 30% дороже строительства станции на каменном угле. При какой цене угля атомная станция будет конкурентоспособной по сравнению с тепловой? Необходимые исходные данные взять из предыдущих задач. Задача 5.4. Каков будет экономический эффект при этих условиях (см. задачу 5.2), если увеличить глубину выгорания ядерного топлива в ВВЭР на 10%? Задача 5.5. Строительство станции РБН обходится на 30% дороже станции с ВВЭР. Насколько должна быть ниже топливная составляющая себестоимости электроэнергии на АЭС с РБН, чтобы цена электроэнергии у них сравнялась? Использовать решение задачи 3.3. Задача 5.6. Определить надбавку к себестоимости электроэнергии АЭС с ВВЭР-1000

	для накопления средств на демонтаж станции и захоронение отходов, если величину этих средств принять равными капитальным вложениям в строительство этой станции. Принять срок службы 30 лет и банковский процент начислений по срочному вкладу $i = 10\%$ годовых. Задача 5.7. Как изменится себестоимости электроэнергии (см. задачу 6.1), если банковский процент будет 5%, 15% годовых? Задача 5.8. Как изменится себестоимости электроэнергии (см. задачу 6.1), если срок службы станции увеличить вдвое? Уменьшение амортизационных отчислений не учитывать. Задача 5.9. Определить надбавку к себестоимости электроэнергии АЭС с ВВЭР-1000 на учёт вероятности отказа оборудования, приводящего к снижению мощности станции до $N_{AB} = 0,5 \cdot N$ в течение суток ($T_{отк} = 1 \text{ сут}$). Интенсивность исходных событий, вызывающих такие отказы, принять $\lambda = 1 \text{ год}^{-1}$. Ущерб оценивается в сумме двойного тарифа на недоотпущенную электроэнергию. $T_{сл} = 30 \text{ лет}$, $i = 10\%$ Задача 5.10. Определить страховочную надбавку к стоимости электроэнергии АЭС с ВВЭР-1000 для учёта вероятности события, приводящего к разрушению станции с ущербом, вдвое превышающим стоимость её сооружения, при следующих расчетных значениях интенсивности исходных событий: а) $\lambda = 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ б) $\lambda = 10^{-5} \text{ год}^{-1}$ в) $\lambda = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ Срок службы станции принять равным $T_{сл} = 60 \text{ лет}$
--	--

Таблица 6 – Перечень контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

№ п/п	Контрольные вопросы для проведения экзамена
1	Энергетика в системе народного хозяйства.
2	Энергетические потребности и энергетические ресурсы.
3	Особенности использования возобновляемых источников энергии.
4	Сравнение вреда для здоровья человека от угольного и ядерного приливного цикла.
5	Развитие электроэнергетики в России.
6	Развитие атомной электроэнергетики.
7	Особенности производства, распределения и потребления энергии.
8	Производственные мощности электропредприятий и показатели их использования.
9	Производственные фонды электропредприятия и их использование.
10	Потребности в ядерном топливе для отдельных реакторов.
11	Оценка основных фондов.
12	Амортизация основных фондов (средние нормы амортизационных отчислений)
13	Использование основных фондов.
14	Оборотные фонды и оборотные средства.
15	Классификация оборотных средств.
16	Плата за производственные фонды.
17	Особенности использования производственных фондов в энергетике.
18	Особенности использования производственных фондов в атомной энергетике.
19	Капиталовложение в ТЭС и АЭС.
20	Особенности проектирования и сооружения АЭС.
21	Расчёт капиталовложений по укрупнённым нормативам.
22	Зависимость капитальных затрат от различных факторов.
23	Выбор мощности блока и станции в целом.
24	Себестоимость продукции в энергетике.
25	Расчёт себестоимости на действующих электростанциях.
26	Факторы, определяющие уровень себестоимости.
27	Цены на промышленную продукцию.
28	Тарифы на энергетическую продукцию.
29	Прибыль и рентабельность в энергетике.
30	Методы оценки экономической эффективности капиталовложений.
31	Фактор времени в экономических расчетах.
32	Условия сопоставимости вариантов при определении их экономической характеристики.
33	Особенности учёта затрат на топливо при экономической оптимизации.
34	Экономико-математическая оптимизация в энергетике.

Продолжение таблицы 6

№ п/п	Контрольные вопросы для проведения экзамена
35	Оценка эффективности новой техники.
36	Оценка эффективности НИР в энергетике.
37	Топливные циклы атомной энергетики (общая характеристика ядерного топлива).
38	Топливные режимы работы ЯЭУ.
39	Топливный цикл на природном уране.
40	Цена природного урана.
41	Топливный цикл на обогащённом уране.
42	Ториевый топливный цикл.
43	Плутониевый топливный цикл.
44	Коэффициент воспроизводства ядерного горючего.
45	Оценка величины КВ.
46	Потребности в ядерном топливе для отдельных реакторов.
47	Характеристики современных реакторов по потреблению топлива.
48	Потребности в ядерном топливе для развивающейся системы реакторов.
49	Системная цена урана и плутония.
50	Экономка топливного цикла АЭС.
51	Стоимость загружаемого топлива.
52	Работа по разделению изотопов.
53	Цена обогащённого урана.
54	Цена отвального и регенерированного урана.
55	Стоимость изготовления топливной загрузки.
56	Стоимость выгружаемого топлива и его переработка.
57	Расчёт стоимости продукции в двухцелевом производстве АЭС.
58	Расходы на топливный цикл в условиях банковского кредитования.
59	Расчёт капитальной составляющей цены на электроэнергию в условиях банковского кредитования.
60	Создание фонда для ликвидации возможных аварий.
61	Эффективность ядерной энергетики в энергетическом комплексе страны.
62	Ядерное теплоснабжение.
63	Малая ядерная энергетика.
64	Эффективность работы различных типов реакторов в системе народного хозяйства.
65	Методы экономической оценки экологических последствий атомной энергетики.
66	Экономический анализ безопасности на условии концепции риска.
67	Экономика безопасности ядерной энергетики.
68	Обобщённые показатели экономической эффективности энергетических объектов.
69	Цена риск (экономическое значение риска).
70	Дисконтирование риска.
71	Тенденции и закономерности развития энергетики в России.
72	Типы реакторных концепций, которые апробируются и по которым накапливается опыт. Типы основных реакторов, задействованных в энергетике.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Процедуры оценивания формируемых компетенций определяют следующие нормативные документы, разработанные в НГТУ и к которым возможен доступ на сайте учебно-методического управления <https://www.ntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/uchebno-metodicheskoe-upravlenie> по вкладке «Нормативные документы и локальные акты по обеспечению образовательного процесса НГТУ»:

1. Положение о фонде оценочных средств для проведения текущего контроля, промежуточной аттестации и государственной итоговой аттестации обучающихся по программам высшего образования (НГТУ ПВД-11.4/158-23).

2. Положение о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.1/30-23).

В результате изучения дисциплины «Экономика ядерной энергетики» обучающиеся должны приобрести знания, умения и навыки, сформулированные в дескрипторах достижения профессиональной компетенции ПКС-5 и с которой они готовы выполнять конкретные действия,

прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2). Оценивание формируемой компетенции ПКС-5 в процессе текущего контроля знаний осуществляется по критериям и показателям, приведенным в таблице 7.

Таблица 7 – Критерии, показатели и шкала оценивания формируемых компетенций в процессе текущего контроля знаний

Коды		Виды и номера тем занятий	Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенций			
компетенций	индикаторов достижения компетенций			«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»	«Неудовлетворительно»
ПКС-5	ИПКС-5.1	Семинары по темам 1 – 3, 9 -12 Работа в малых группах по темам 4 - 8	<u>Критерий 1</u> Полнота и убедительность ответа или доклада, в том числе и дополнений к ним	Студент полно, логично и без недочетов излагает в своем ответе на вопрос или докладе материал, абсолютно соответствующий темам по плану семинара	Студент излагает материал ответа на вопрос или доклада, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для отметки «5», но допускает 1–2 недочета в последовательности изложения	Студент излагает материал ответа на вопрос или доклада неполно и непоследовательно, допускает ряд недочетов в изложении и несоответствий темам по плану семинара	Студент беспорядочно и неуверенно излагает в своем ответе на вопрос или докладе материал или излагает материал, абсолютно не соответствующий темам по плану семинара, а также отказывается от выступления или доклада
			<u>Критерий 2</u> Степень понимания изученного материала	Студент обнаруживает глубокое понимание излагаемого материала, может обосновать свои суждения, применить знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, но допускает 1–2 негрубые ошибки, которые сам же исправляет	Студент обнаруживает правильное понимание излагаемого материала, может обосновать свои суждения, применить знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, но допускает 1–2 негрубые ошибки, которые сам же исправляет	Студент обнаруживает поверхностное понимание излагаемого материала, имеет примитивные знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, допускает ряд негрубых ошибок, которые сам не может исправить	Студент обнаруживает незнание большей части соответствующего материала ответа на вопрос или доклада по плану семинара, допускает грубые ошибки, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению дескрипторами достижения компетенции ПКС-5

В соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.1/30-23) по итогам текущего контроля по дисциплине в семестре преподаватель решает вопрос о возможности прохождения студентом промежуточной аттестации по дисциплине. Обучающиеся, не выполнившие минимальные требования по рабочей программе дисциплины (РПД) и имеющие до 50% пропусков занятий, получают оценку «неудовлетворительно» («не зачтено») по данной дисциплине.

Для выполнения минимальных требований по изучению дисциплины обучающиеся должны иметь только положительные оценки по текущему контролю их знаний на всех занятиях, на которых они присутствовали и выступали с докладами или сообщениями на практических семинарах, включая обязательное присутствие на коллоквиуме (при наличии).

Оценивание формируемых компетенций и по экзамену в целом осуществляется по критериям и шкале оценивания, представленным в таблицах 8,9

Таблица 8 – Шкала оценивания формируемых компетенций в процессе промежуточной аттестации

Компетенции	Уровень усвоения	Описание шкалы оценивания на экзамене
ПКС-5	Достаточный	По критерию 1 и 2 с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос
	Недостаточный	По критерию 1 и 2 с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный на вопрос
ПКС-5 (итог по экзамену)	Достаточный	«Удовлетворительно», если компетенция усвоена на достаточном уровне
	Недостаточный	«Не удовлетворительно», если компетенция усвоена на недостаточном уровне

Таблица 9 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература, печатные и электронные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными и электронными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Таблица 10 – Список учебной литературы, печатных и электронных изданий

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1.	Синев Н.М. Экономика ядерной энергетики: основы технологии и экономики производства, экономика АЭС: Учеб.пособие для вузов по спец."Атомные электростанции и установки"/ Н.М. Синев. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. :	13

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
	Энергоатомиздат, 1987. - 479 с.	
2.	Океанова З.К. Экономическая теория : Учебник / З.К. Океанова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Дашков и К, 2007. - 652 с.	15
3.	С.А. Тевлин. Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000: Учеб. пособие. - 2-е изд., доп. Учебное пособие Рекомендовано УМО Вузов России по образованию в области энергетики и электротехники. - М.: Изд.дом МЭИ. 2008.	10
2. Дополнительная литература		
1.	М.С. Алхутов. Теплоэнергетика и теплотехника : Справочник: В 4-х кн. Кн.3 : Тепловые и атомные электростанции / М.С. Алхутов [и др.]; Под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МЭИ, 2003. - 648 с.	19
2.	Л.С. Стерман. Тепловые и атомные электростанции. Учебник Рекомендован УМО Вузов России по образованию в области энергетики и электротехники. - М.: Изд. дом МЭИ 2008.	8

6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

В помощь участникам образовательного процесса (преподавателям и студентам) в НГТУ разработаны следующие учебно-методические документы:

1) Е.Г. Ивашкин, Жукова Л.П. Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования: Учебное пособие / Е.Г. Ивашкин, Л.П. Жукова; НГТУ. – Нижний Новгород, 2014. – 80 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);

2) Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г. Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения: Учебное пособие / Т.И. Ермакова, Е.Г. Ивашкин; НГТУ. – Нижний Новгород, 2013. – 158 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);

3) Жукова Л.П. Методические рекомендации по организации аудиторной работы / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 63 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ);

4) Ермакова Т.И. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 35 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ).

Указанные материалы размещены в электронном виде на сайте учебно-методического управления в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ».

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента для выполнения следующих задач:

- оформление результатов выполнения заданий на практических занятиях;
- демонстрация дидактических материалов с использованием мультимедийных технологий;
- использование электронной образовательной среды университета;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты.

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Сайт научно-технической библиотеки (НТБ):

- главная страница НТБ: <https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/nauchno-tehnicheskaya-biblioteka/resursy>;

- электронная библиотека НГТУ: <https://library.nntu.ru/megapro/web>;
- библиотека электронных учебников: <http://fdp.nntu.ru/книжная-полка/>.

На странице «Ресурсы» сайта НТБ по соответствующим вкладкам возможен доступ к необходимым ресурсам на следующих страницах:

- «Электронная библиотека» по вкладке «Электронный каталог НГТУ»;
- «Книжная полка» по вкладке «Библиотека электронных учебников»;
- «Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>;
- «ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» - <http://www.studentlibrary.ru/>;
- «ЮРАЙТ – образовательная платформа» - <https://biblio-online.ru/>;
- Электронно-библиотечная система TNT-EBOOK - <https://www.tnt-ebook.ru/>.

Кроме того, со страницы «Ресурсы» сайта НТБ возможен доступ к информационно-аналитическим платформам с информацией о ведущих международных научных публикациях WebofScience и Scopus, а также к реферативным журналам, выбранным из баз данных Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) и выписываемым НТБ.

С компьютеров специализированных аудиторий НТБ (ауд. 2201, 2210, 6162) возможен доступ к внешним ресурсам:

- профессиональным справочным системам «Кодекс», «Гарант», «КонсультантПлюс», «Техэксперт»;
- Федеральному информационному фонду стандартов ФГУП «Стандартинформ».

С компьютеров сети НГТУ возможен доступ к базам данных, журналам и коллекциям электронных книг таких зарубежных издательств, как:

- платформа НЭИКОН, включающая 10 издательств;
- Elsevier (журналы FreedomCollection);
- Springer Nature (журналы и коллекции электронных книг);
- Wiley (полнотекстовая коллекция журналов);
- Questel (база данных патентного поиска OrbitIntelligencePremium).

В свободном доступе находятся:

- научная электронная библиотека ELIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>;
- научная электронная библиотека «Кибер Ленинка»: <https://cyberleninka.ru/journal>;
- электронно-библиотечная система издательства «Наука»: <https://www.libnauka.ru/>
- информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки ЭКБСОН: <http://www.vlibrary.ru/>.

7.2. Перечень программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется программное обеспечение, указанное в таблице 12 раздела 9 настоящей РПД.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 12 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. Информация размещена в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации»: <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>.

Таблица 11 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№ п/п	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1.	ЭБС «Консультант студента»	Озвучка книг и увеличение шрифта
2.	ЭБС «Лань»	Специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

№ п/п	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
3.	ЭБС «Юрайт»	Версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебный процесс по данной дисциплине обеспечен современным аудиторным и лабораторным фондом. В процессе проведения аудиторных и самостоятельных занятий преподаватели и студенты имеют возможность доступа к информационно-коммуникационной сети «Интернет», как на территории НГТУ, так и вне ее.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Экономика ядерной энергетики» могут быть использованы материально-техническая база и программное обеспечение, представленные таблице 12.

Таблица 12 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№ п/п	Номера и наименования аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1.	№ 5201 Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	Рабочее место студента – 50 Доска меловая; Ноутбук HP Intel® Core™ i3-5005UCPU @ 2.00GHz 2.00 GHz 8 Gb; Мультимедийный проектор стационарный потолочный Epson EB-X500; Экран.	Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18) Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024); MS Office 2010 MS Open License, 60853088, Academic; Adobe Acrobat Reader DC-Russian (Проприетарное ПО); 7-zip (Свободное ПО, GNU LGPL); OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. (свободное ПО); Google Chrome, версия 49.0.2623.87 (свободное ПО)
2.	№ 5214 Информационно-образовательный центр	Рабочее место студента – 28 Доска меловая; ПЭВМ – 14 шт. (процессор Intel® Core™ 2 CPU 6320 @ 1.86 GHz 1.87 GHz, ОЗУ 2 ГБ) с доступом к сети «Интернет» и ЭБС НГТУ	Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18); Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024); Astra Linux (Orel) 2.12.432; P7 Офис (с/н 5260001439). Распространяемое по свободной лицензии: Visual Studio 2010 (подписка MSDN AA Developer Original Membership, ID: 700493608, бессрочная); Adobe Acrobat Reader DC, версия 2015.010.20060, //get.adobe.com/reader, бесплатное ПО; Google Chrome, версия 49.0.2623.87, бесплатное ПО; MATLAB, версия R2008a, бесплатное ПО

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Основными элементами структуры аудиторной работы по дисциплине являются:

- виды аудиторной работы;
- формы аудиторной работы, включающие формы ее выполнения, формы представления ее результатов и формы контроля уровня освоения компетенции ПКС-5.

Основными видами аудиторной работы студентов по данной дисциплине являются:

- работа на лекциях;
- выполнение практических заданий;

Формами выполнения видов аудиторной работы являются:

- лекции;
- практические занятия (работа в малых группах);
- консультации.

Результаты аудиторной работы представляются в следующих основных формах:

- конспекты;
- рабочие материалы;
- доклады на семинарах, тезисы выступлений.

Уровень развития компетенции ПКС-5 в результате выполнения определенных видов работы оценивается:

- на контрольном опросе по пройденному материалу (знать);
- по результатам выполнения заданий на практических занятиях (уметь, владеть);

Функциональные свойства форм аудиторной работы определены свойствами применяемых технологий, обеспечивающих изучение и освоение объема содержания дисциплины, отнесенного к определенной форме.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих образовательных технологий:

- на лекционных занятиях - проблемные лекции, диалоги;
- на практических занятиях – работа в малых группах, решение задач.

По итогам текущей успеваемости студент может быть аттестован на промежуточной аттестации в соответствии с разделом 5.2 настоящей РПД.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4) . Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и

учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая:

- контроль по темам лекционных занятий,
- решение практических задач,
- отчет по лабораторным работам;
- решение индивидуальных практических заданий.
- Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен

Таблица 13 Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПКС-5: ИПКС 5.1.)

№ п/п	Контрольные вопросы для проведения экзамена
1	Энергетика в системе народного хозяйства.
2	Энергетические потребности и энергетические ресурсы.
3	Особенности использования возобновляемых источников энергии.
4	Сравнение вреда для здоровья человека от угольного и ядерного приливного цикла.
5	Развитие электроэнергетики в России.
6	Развитие атомной электроэнергетики.
7	Особенности производства, распределения и потребления энергии.
8	Производственные мощности электропредприятий и показатели их использования.
9	Производственные фонды электропредприятия и их использование.
10	Потребности в ядерном топливе для отдельных реакторов.
11	Оценка основных фондов.
12	Амортизация основных фондов (средние нормы амортизационных отчислений)
13	Использование основных фондов.
14	Оборотные фонды и оборотные средства.

15	Классификация оборотных средств.
16	Плата за производственные фонды.
17	Особенности использования производственных фондов в энергетике.
18	Особенности использования производственных фондов в атомной энергетике.
19	Капиталовложение в ТЭС и АЭС.
20	Особенности проектирования и сооружения АЭС.
21	Расчёт капиталовложений по укрупнённым нормативам.
22	Зависимость капитальных затрат от различных факторов.
23	Выбор мощности блока и станции в целом.
24	Себестоимость продукции в энергетике.
25	Расчёт себестоимости на действующих электростанциях.
26	Факторы, определяющие уровень себестоимости.
27	Цены на промышленную продукцию.
28	Тарифы на энергетическую продукцию.
29	Прибыль и рентабельность в энергетике.
30	Методы оценки экономической эффективности капиталовложений.
31	Фактор времени в экономических расчетах.
32	Условия сопоставимости вариантов при определении их экономической характеристики.
33	Особенности учёта затрат на топливо при экономической оптимизации.
34	Экономико-математическая оптимизация в энергетике.
35	Оценка эффективности новой техники.
36	Оценка эффективности НИР в энергетике.
37	Топливные циклы атомной энергетики (общая характеристика ядерного топлива).
38	Топливные режимы работы ЯЭУ.
39	Топливный цикл на природном уране.
40	Цена природного урана.
41	Топливный цикл на обогащённом уране.
42	Ториевый топливный цикл.
43	Плутониевый топливный цикл.
44	Коэффициент воспроизводства ядерного горючего.
45	Оценка величины КВ.
46	Потребности в ядерном топливе для отдельных реакторов.
47	Характеристики современных реакторов по потреблению топлива.
48	Потребности в ядерном топливе для развивающейся системы реакторов.
49	Системная цена урана и плутония.
50	Экономка топливного цикла АЭС.
51	Стоимость загружаемого топлива.
52	Работа по разделению изотопов.
53	Цена обогащённого урана.
54	Цена отвального и регенерированного урана.
55	Стоимость изготовления топливной загрузки.
56	Стоимость выгружаемого топлива и его переработка.
57	Расчёт стоимости продукции в двухцелевом производстве АЭС.
58	Расходы на топливный цикл в условиях банковского кредитования.
59	Расчёт капитальной составляющей цены на электроэнергию в условиях банковского кредитования.
60	Создание фонда для ликвидации возможных аварий.
61	Эффективность ядерной энергетики в энергетическом комплексе страны.
62	Ядерное теплоснабжение.
63	Малая ядерная энергетика.
64	Эффективность работы различных типов реакторов в системе народного хозяйства.
65	Методы экономической оценки экологических последствий атомной энергетики.
66	Экономический анализ безопасности на условии концепции риска.
67	Экономика безопасности ядерной энергетики.
68	Обобщённые показатели экономической эффективности энергетических объектов.
69	Цена риск (экономическое значение риска).
70	Дисконтирование риска.
71	Тенденции и закономерности развития энергетики в России.
72	Типы реакторных концепций, которые апробируются и по которым накапливается опыт. Типы основных реакторов, действовавших в энергетике.

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Экономика ядерной энергетики», реализуемую по основной образовательной программе высшего образования "Ядерные физика и технологии" по направлению подготовки 14.03.02 "Ядерные физика и технологии" (квалификация выпускника «бакалавр»), разработанную кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет»

Учебная дисциплина «Экономика ядерной энергетики» представляет собой курс, в ходе изучения которого у студентов формируется профессиональная компетенция ПКС-5, прописанная в учебном плане по направлению подготовки 14.03.02 "Ядерные физика и технологии". При этом указаны требования к знаниям, умениям и навыкам, полученным в ходе изучения дисциплины, по каждой из формируемых компетенций.

Цели освоения дисциплины, соотносятся с общими целями ОП ВО по направлению подготовки 14.03.02 "Ядерные физика и технологии". В рабочей программе дано описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ОП ВО (дисциплинами и практиками), представлены междисциплинарные связи с другими теоретическими и практико-ориентированными дисциплинами ОП ВО, к которым относятся «Радиационная безопасность», «Принципиальные схемы судовых ядерных энергетических установок», «Физика ядерных реакторов», «Основы проектирования защиты ядерных энергетических установок», «Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок» и др.

В процессе изучения учебной дисциплины «Экономика ядерной энергетики» студенты продолжают осваивать указанные профессиональные компетенции, формирование которых начинается при изучении дисциплин «Радиационная безопасность», «Принципиальные схемы судовых ядерных энергетических установок», «Тепловые схемы ядерных энергетических установок», «Циркуляторы физико-энергетических установок», «Насосы и компрессоры», а завершается на преддипломной практике.

Тематический план изучения дисциплины «Экономика ядерной энергетики» образовательные технологии, оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, перечень основной и дополнительной литературы, программного обеспечения и Интернет-ресурсы, а также материально-техническое обеспечение способствуют планомерному и качественному освоению всех указанных в плане дидактических единиц. К достоинствам рабочей программы можно отнести то, что в план дисциплины включены темы, раскрывающие сущность актуальных на сегодняшний день проблем атомного машиностроения. Рецензируемая рабочая программа дисциплины «Экономика ядерной энергетики» представлена на официальном сайте вуза, отвечает нормативным требованиям федерального и локального уровня и полностью соответствует компетентностно-квалификационной характеристике выпускника указанной ОП ВО.

Рецензент: Бокова Т.А., к.т.н., доцент кафедры АТС

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

(подпись)

10 марта 2025 г.