

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

# Передовая инженерная школа атомного машиностроения и систем высокой плотности энергии (ПИШ)

---

(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ПИШ:

А.В. Тумасов  
ФИО  
подпись

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## Б1.В.ДВ.2.1 Электрогенерирующие комплексы на основе водорода

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

## для подготовки магистров

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность: Автономные электрогенерирующие комплексы

Форма обучения: очная  
Год начала подготовки 2025

Выпускающая кафедра ЭПА

Кафедра-разработчик ЭПА

Объем дисциплины 216/6 часов/з.е.

## Промежуточная аттестация: экзамен, зачет

Разработчик: Петухов Н.М., ассистент

Нижний Новгород, 2025 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ 28 февраля 2018 года №147 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ  
протокол от 19 декабря 2024 г №7.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от «02» сентября 2024 г №5  
Зав. кафедрой д.т.н., доцент Дарьенков А.Б. \_\_\_\_\_

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИНЭЛ,  
протокол от «18» октября 2024 г. № 4

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 13.04.02-аэк-18  
Начальник МО \_\_\_\_\_ Севрюкова Е.Г.

<b>1. Оглавление</b>	
<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Цель освоения дисциплины:.....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля): .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам .....	8
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам .....	9
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ....</b>	<b>13</b>
5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности.....	13
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>16</b>
6.1. Учебная литература.....	16
6.2. Справочно-библиографическая литература.....	16
6.3. Перечень журналов по профилю дисциплины:.....	17
6.4. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям .....	17
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>17</b>
7.1. Перечень информационных справочных систем .....	17
7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	18
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>18</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>19</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>19</b>
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	19
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа.....	20
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.....	21
10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	21
10.5. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы .....	21
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>22</b>
11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости.....	22
11.1.1. Типовые задания для лабораторных работ .....	22
Типовые задания для лабораторных работ по дисциплине «Электрогенерирующие комплексы на основе водорода» приведены в печатном варианте в ауд. 1129: PEM Fuel Cell Hybrid Training Systems. Experimental manual / K&H MFG CO., LTD.....	22
11.1.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена.....	22
11.1.3. Методические указания к курсовому проектированию .....	23
11.1.4. Защита курсового проекта/ работы.....	23

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цель освоения дисциплины:**

Целью освоения дисциплины является изучение конструктивных особенностей, режимов работы, перспектив применения и развития электрогенерирующих комплексов на основе водорода.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- Изучение конструктивных особенностей электрогенерирующих комплексов на основе водорода;
- Изучение процессов, происходящих в отдельно взятых элементах электрогенерирующих комплексов на основе водорода;
- Изучение совместной работы электрогенерирующих установок разного типа;

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина «Электрогенерирующие комплексы на основе водорода» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП Б1.В.ДВ.2.1. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах в объеме программы магистратуры. Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электрогенерирующие комплексы на основе водорода» являются Математика, Физика, Теоретические основы электротехники, Материалы электронной техники.

Дисциплина «Электрогенерирующие комплексы на основе водорода» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Преобразовательная техника, методология научно-исследовательских разработок, компьютерное моделирование технических систем, современные проблемы науки и электротехнического производства, специальные главы теории управления, современные системы регулирования, теория современного автоматизированного электропривода, научно-исследовательская работа.

Рабочая программа дисциплины «Электрогенерирующие комплексы на основе водорода» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно ПК-4	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра /специалиста/ <u>магистра</u> »			
	1	2	3	4
Преобразовательная техника	x			
Производство, хранение и транспорт водорода	x			
Топливные элементы		x		
Электрогенерирующие комплексы на основе водорода		x	x	
Автономные энергоустановки и системы		x	x	
Компьютерные, сетевые и информационные технологии			x	
Проектная практика			x	x
Преддипломная практика				x
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				x
Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно ПК-3	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра /специалиста/ <u>магистра</u> »			
	1	2	3	4
Микропроцессорные системы автономных комплексов	x			
Системы программного управления техническими объектами		x		
Компьютерное моделирование технических систем			x	
Электрогенерирующие комплексы на основе водорода		x	x	
Автономные энергоустановки и системы		x	x	
Проектная практика			x	x
Преддипломная практика				x
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				x

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

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	
		Текущего контроля	Промежуточной аттестации			
ПК-3. Способен формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства	ИПК-3.1. Способен разрабатывать техническое задание на проектирование автономных электрогенерирующих комплексов с применением средств автоматизации  ИПК-3.2. Способен разрабатывать и анализировать обобщенные варианты технических решений, находить компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности, определять оптимальные параметры и режимы электрогенерирующих комплексов	<b>Знать:</b> - принципы работы электрогенерирующих комплексов на основе водорода (ИПК-4.1); - основные компоненты электрогенерирующих комплексов на основе водорода (ИПК-3.1); - технические параметры и характеристики электрогенерирующих комплексов на основе водорода (ИПК-4.1); - методы интеграции и взаимодействия компонентов электрогенерирующих комплексов на основе водорода (ИПК-4.2);	<b>Уметь:</b> - разрабатывать схемы интеграции различных источников энергии (ИПК-4.1); - оценивать энергетические потребности и баланс нагрузки (ИПК-3.1); - решать задачи энергоэффективности и устойчивости системы (ИПК-3.2); - проектировать электрогенерирующих комплексов на основе водорода (ИПК-4.2);	<b>Владеть:</b> - методами проектирования электрогенерирующих комплексов на основе водорода (ИПК-3.2, ИПК-4.2); - методами управления и мониторинга электрогенерирующих комплексов на основе водорода (ИПК-4.1); - методами диагностики электрогенерирующих комплексов на основе водорода (ИПК-3.1);	Не предусмотрено	Устное собеседование

ПК-4. Способен проектировать объекты профессиональной деятельности	<p>ИПК-4.1. Способен применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение автономных генерирующих комплексов, в том числе в атомной энергетике</p> <p>ИПК-4.2. Способен разрабатывать проектную документацию на различных стадиях проектирования генерирующих комплексов, в том числе в атомной энергетике</p>					
--	--	--	--	--	--	--

Профессиональный стандарт: 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам

Трудовая функция: D/04.7 «Определение сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ»

Квалификационные требования к ТФ:

**Трудовые действия:**

- осуществление подготовки и представления руководству отчета о практической реализации результатов научных исследований и опытно-конструкторских работ;

**Трудовые умения:**

- применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний;

**Трудовые знания:**

- отечественная и международная нормативная база в соответствующей области знаний;

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач. ед. 216 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3

**Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		№ сем 2	№ сем 3
<b>Формат изучения дисциплины</b>	с использованием элементов электронного обучения		
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>216</b>	<b>144</b>	<b>72</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>77</b>	<b>56</b>	<b>21</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>68</b>	<b>51</b>	<b>17</b>
занятия лекционного типа (Л)	34	34	
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)	17		17
лабораторные работы (ЛР)	17	17	
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	3		3
текущий контроль, консультации по дисциплине	6	4	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>94</b>	<b>43</b>	<b>51</b>
реферат/эссе (подготовка)			
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	51		51
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	43	43	
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 -Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				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 (час)								
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия									
<b>2 семестр</b>													
<b>ПК-3, ИПК-3.1,3.2 ПК-4, ИПК-4.1,4.2</b>	<b>Раздел 1. Электрогенерирующие установки на основе водорода</b>												
	Тема 1.1. Использование водорода в системе производства электроэнергии: проблемы и решения	2			2	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
	Тема 1.2. Основные компоненты водородных энергоустановок	2			2	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
<b>ПК-3, ИПК-3.1,3.2 ПК-4, ИПК-4.1,4.2</b>	<b>Раздел 2. Топливные элементы: типы и применение</b>												
	Тема 2.1. Принцип действия топливных элементов	2			3	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
	Тема 2.2. Типы топливных элементов	4			4	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
	Тема 2.3. Использование топливных элементов в стационарной и мобильной энергетике	2			2	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				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 (час)								
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия									
	Лабораторная работа №1. Снятие вольт-амперной характеристики топливного элемента	4			2	подготовка к лабораторным работам [6.4.]							
	Лабораторная работа № 2. Расчет эффективности топливного элемента	4			2	подготовка к лабораторным работам [6.4.]							
<b>ПК-3, ИПК-3.1,3.2 ПК-4, ИПК-4.1,4.2</b>	<b>Раздел 3. Изучение работы буферных устройств в составе водородных электрогенерирующих установок</b>												
	Тема 3.1. Преобразователь постоянного напряжения	2			2	подготовка к лекциям [6.1.3.]	Публичная презентация проекта						
	Тема 3.2. Изучение работы инвертора напряжения	2			2	подготовка к лекциям [6.1.3.]	Публичная презентация проекта						
	Тема 3.3. Накопительные устройства в составе водородных электрогенерирующих установок	2			2	подготовка к лекциям [6.1.4.]	Публичная презентация проекта						
	Лабораторная работа № 3. Преобразователя постоянного напряжения	4			2	подготовка к лабораторным работам [6.4.]							
	Лабораторная работа № 4. Расчет эффективности инвертора напряжения	4			2	подготовка к лабораторным работам [6.4.]							
<b>ПК-3, ИПК-3.1,3.2 ПК-4, ИПК-4.1,4.2</b>	<b>Раздел 4. Водородные газотурбинные и паровые установки</b>												

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				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 (час)								
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия									
ПК-3, ИПК-3.1,3.2 ПК-4, ИПК-4.1,4.2	Тема 4.1. Модификации газовых турбин для работы на водородном топливе	2			2	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
	Тема 4.2. Использование в качестве топлива смеси водорода с другими газами	2			2	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
	Тема 4.3. Перспективы водородных ТЭС	2			2	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
ПК-3, ИПК-3.1,3.2 ПК-4, ИПК-4.1,4.2	<b>Раздел 5. Гибридные электрогенерирующие системы на основе водорода</b>												
	Тема 5.1. Совместная работа электрогенерирующих комплексов на основе водорода с устройствами возобновляемой энергии	2			2	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
	Тема 5.2. Водородные накопители энергии	2			2	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
ПК-3, ИПК-3.1,3.2 ПК-4, ИПК-4.1,4.2	<b>Раздел 6. Перспективы развития водородной энергетики</b>												
	Тема 6.1. Действующие водородные станции в мире	2			2	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
	Тема 6.2. Водород в авиации, судоходстве и промышленности	2			2	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.						
	Тема 6.3. Прогнозы внедрения во-	2			2	подготовка к	Публичная пре-						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				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 (час)								
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия									
	дородных электрогенерирующих установок				лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	зентация проекта.							
	<b>РГР</b>												
	<b>Контрольная</b>												
	<b>Курсовой проект / работа</b>			17	51								
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	34	17	17	94								

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

5.1.1 Текущий контроль успеваемости обучающихся: не предусмотрен.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5. При текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Экзамен/ Зачет с оценкой	Зачет
40<R≤50	Отлично	зачет
30<R≤40	Хорошо	
20<R≤30	Удовлетворительно	
0<R≤20	Неудовлетворительно	

5.1.2. При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», либо «зачет», «незачет». Перечень вопросов на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой/экзамен) представлены в пункте 11.1.2

**Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК-3. Способен формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства	ИПК-3.1. Способен разрабатывать техническое задание на проектирование автономных электрогенерирующих комплексов с применением средств автоматизации	Изложение учебного материала бессистемное, неполное.  Непонимание принципов работы электрогенерирующих комплексов на основе водорода в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала.	Фрагментарные, поверхностные знания по методам и программам исследования. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании темы исследования.	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора опимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании
ПК-3. Способен формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства	ИПК-3.2. Способен разрабатывать и анализировать обобщенные варианты технических решений, находить компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности, определять оптимальные параметры и режимы электрогенерирующих комплексов	Изложение учебного материала бессистемное, неполное.  Непонимание принципов разработки электрогенерирующих комплексов на основе водорода и их использования в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала.	Фрагментарные, поверхностные знания по сбору, анализу и систематизации информации. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при изложении плана проведения исследования	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора опимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании

ПК-4. Способен проектировать объекты профессиональной деятельности	ИПК-4.1. Способен применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение автономных электрогенерирующих комплексов, в том числе в атомной энергетике	Не способность проводить обзор, представлять результат исследований и публикаций. Изложение формулировок бессистемное, неполное. Непонимание принципов и подходов к представлению информации.	Фрагментарные, поверхностные знания по представлению результатов научных и опытно-конструкторских работ. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя.	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании
ПК-4. Способен проектировать объекты профессиональной деятельности	ИПК-4.2. Способен разрабатывать проектную документацию на различных стадиях проектирования электрогенерирующих комплексов, в том числе в атомной энергетике	Не способность проводить обзор, представлять результат исследований и публикаций. Изложение формулировок бессистемное, неполное. Непонимание принципов и подходов к представлению информации.	Фрагментарные, поверхностные знания по представлению результатов научных и опытно-конструкторских работ. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя.	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании

**Таблица 7. Критерии оценивания**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
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**

- 6.1.1 Бредихин, С.И. Стационарные энергетические установки с топливными элементами: материалы, технологии, рынки / С.И. Бредихин, А.Э. Голодницкий, О.А. Дрожжин, С.Я. Истомин, В.П. Ковалевский, С.П. Филиппов. – Москва: НТФ «Энергопрогресс» корп. «ЕЭЭК», 2017. – 392 с.
- 6.1.2 Карпова, С.С. Основы водородной энергетики / С.С. Карпова, М.Е. Компан, А.И. Максимов, В.А. Мошников, И.Ю. Сапурина [и др.]. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. – 288 с.
- 6.1.3 Ваняев, В.В. Преобразовательная техника: учеб. пособие / В.В. Ваняев. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2020. – 135 с.

### **6.2. Справочно-библиографическая литература.**

#### **— учебники и учебные пособия**

- 6.2.1. Михайлов, А. Энергетические установки на базе топливных элементов. Перспективы применения / А. Михайлов, В. Сайданов, И. Ландграф. – Новости электротехники, 2007. – №5. – С. 44-47.
- 6.2.2. Коровин, Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н.В. Коровин. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 280 с.
- 6.2.3. Багоцкий, В.С. Топливные элементы. Некоторые вопросы теории. – М.: Наука, 1964. – 140 с.
- 6.2.4. Шпильрайн, Э.Э. Введение в водородную энергетику / Э.Э. Шпильрайн, С.П. Малышенко, Г.Г. Кулешов; Под ред. В.А. Легасова. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 264 с.
- 6.2.5. Долгополов, С.Ю. Введение в ядерно-водородную энергетику: учеб. пособие / С.Ю. Долгополов, И.В. Ломов, И.В. Шаманин. – Томск: Томский политехнический университет, 2008. – 168 с.

- 6.2.6. Халяпов, К.М. Использование водорода в электрохимическом генераторе на базе установки с твердооксидным топливным элементом: науч. ст. / К.М. Халяпов, С.Е. Щекlein, А.М. Дубилин // Энерго- и ресурсосбережение. Энергобезопасность. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика, 2023. – р. 3. – С. 464-471.
- 6.2.7. Лебедева, М.В. Топливные элементы – характеристика, физико-химические параметры, применение: учеб. пособие / М.В. Лебедева, Н.А. Яштулов. – М.: Мир науки, 2020. – 63 с.
- 6.2.8. Лебедев, В.А. Энергетическая эффективность технологий использования водорода на ТЭС: науч. ст. / В.А. Лебедев, О.Л. Горина // Развивая энергетическую повестку будущего, 2021. – С. 63-67.
- 6.2.9. Лисин, Е.М. Технико-экономические аспекты производства и использования водорода на тепловых электростанциях: науч. ст. / Е.М. Лисин, А.С. Паршина, И.С. Замешаева, Д.Э. Мусаева // Вестник казанского энергетического университета, 2022. – С. 120-133.
- 6.2.10. Дарьенков, А.Б. Возобновляемая энергетика: учеб. пособие / А.Б. Дарьенков [и др.]; Нижегород. гос. техн. ун-т. им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2023. – 169 с.

6.3. Перечень журналов по профилю дисциплины:

- 6.3.1. Научно-технический и научно-производственный журнал [Электротехника](#)
- 6.3.2. Научно-технический журнал [Электричество](#)
- 6.3.3. Научно-технический журнал [Электротехнические комплексы и системы](#)

6.4. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

*Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрогенерирующие комплексы на основе водорода» представлены в печатном варианте в ауд. 1129: PEM Fuel Cell Hybrid Training Systems. Experimental manual / K&H MFG CO., LTD.*

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень информационных справочных систем

Таблица 8. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>
4	TNT-ebook	<a href="https://www.tnt-ebook.ru/">https://www.tnt-ebook.ru/</a>

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 9. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Windows 7 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14);	SMathStudio
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655);	P7-Офис
Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)	

#### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 10 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Электронная база избранных статей по философии	<a href="http://www.philosophy.ru/">http://www.philosophy.ru/</a>
3	Единый архив экономических и социологических данных	<a href="http://sophist.hse.ru/data_access.shtml">http://sophist.hse.ru/data_access.shtml</a>
4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	<a href="http://www.ncva.ru">http://www.ncva.ru</a>
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Техспектр»	доступ из локальной сети

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 11 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная 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

№	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
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

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

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения

В таблице 12 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГТУ.

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

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	<b>Ауд. 1129</b> Лаборатория «Электроэнергетические системы и сети»	1. Персональные компьютеры (Intel Core i3-3240/4 Gb RAM/NVIDIA GeForce GT 670/HDD 500) с подключением к интернету - 2 шт.	1. Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18); 2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024, до 30.05.25) 3. Распространяемое по свободной лицензии: Open Office
2	<b>Ауд. 8110</b> Класс для самостоятельной работы	• Проектор Acer – 1шт; • ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19' – 8 шт.. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14); • Microsoft Office (лицензия № 43178972); • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNULGPL); • Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024);

## 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: аудиторная, внеаудиторная, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

При преподавании дисциплины «Электрогенерирующие комплексы на основе водорода», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса и что дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях, лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## 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.

### 10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

### 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 12). 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.

### 10.5. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы

Выполнение курсового проекта/работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине, способствует формированию у обучающихся готовности к самостоятельной профессиональной деятельности, является этапом к выполнению выпускной квалификационной работы.

#### **Примерная тематика курсовых работ (проектов)**

1. Расчет параметров преобразователя постоянного напряжения и выбор элементов схемы.
2. Разработка системы управления водородной электрогенерирующей установкой на базе программируемого логического контроллера.
3. Разработка человеко-машинного интерфейса, отвечающего за управление электрогенерирующей установкой на основе водорода, для панели оператора Weintek.

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**11.1.** Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

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

- проведение лабораторных работ;
- отчет по лабораторным работам;
- выполнение курсового проекта;
- защита курсового проекта;
- зачет;
- экзамен.

### **11.1.1. Типовые задания для лабораторных работ**

Типовые задания для лабораторных работ по дисциплине «Электрогенерирующие комплексы на основе водорода» приведены в печатном варианте в ауд. 1129: PEM Fuel Cell Hybrid Training Systems. Experimental manual / K&H MFG CO., LTD.

### **11.1.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена**

Вопросы к промежуточной аттестации (экзамен)

1. Достоинства использования водорода в качестве топлива для электрогенерирующих комплексов.
2. Недостатки использования водорода в качестве топлива для электрогенерирующих комплексов.
3. Структурная схема водородной электрогенерирующей установки.
4. Основные составляющие водородных электрогенерирующих комплексов.
5. Общий принцип работы топливных элементов.
6. Типы топливных элементов.
7. ВАХ топливного элемента.
8. Какие материалы используются в качестве анода и катода в топливных элементах?
9. Принцип работы твердополимерного топливного элемента.
10. Твердотельные оксидные топливные элементы (ТОТЭ).
11. Топливные элементы на основе расплавленного карбоната (MCFC).
12. Топливные элементы на основе ортофосфорной кислоты (PAFC).
13. Топливные элементы с протообменной мемброй.
14. Топливные элементы с щелочным электролитом или щелочные топливные элементы (ЩТЭ).
15. Порядок расчета коэффициента полезного действия топливного элемента?
16. Как происходит управление мощность топливного элемента в динамических режимах работы?
17. Каким образом температура и давление влияют на производительность топливного элемента?
18. Применение водородных установок в автомобилестроении.
19. Применение водородных установок в авиации.
20. Применение водородных установок в судостроении.
21. Какие вспомогательные системы необходимы для работы топливного элемента?
22. Принцип работы инвертора напряжения.

23. Принцип работы преобразователя постоянного напряжения.
24. Накопительные устройства в составе электрогенерирующих комплексов на основе водорода.
25. В чем преимущества водородных электрогенерирующих установок перед дизель-генераторами в автономных системах?
26. Существующие варианты комбинирования водородных и аккумуляторных систем накопления энергии.
27. Схемы совместной работы водородных электрогенерирующих установок с солнечными и ветровыми электростанциями.
28. Какие существуют варианты совместного использования водородных установок с гидроэнергетикой?
29. Водородные ТЭС. Перспективы.
30. В чем отличие традиционной газовой ТЭС от водородной?
31. В чем заключается принцип работы водородной ТЭС?
32. Какие существуют типы водородных ТЭС?
33. Как происходит модернизация газовых турбин для работы на водородном топливе?
34. Использование в качестве топлива смесей водорода с другими газами.
35. Перспективы развития водородной энергетики и интеграции электрогенерирующих установок в энергосистемы.

#### **11.1.3. Методические указания к курсовому проектированию**

Методические указания к выполнению курсового проекта представлены в пункте 6.2.

#### **11.1.4. Защита курсового проекта/ работы.**

Результаты защиты курсового проекта/ работы выставляются по пятибалльной системе оценивания ("отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно") с присвоением количества баллов, набранных в соответствии с балльно-рейтинговой системой.