

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Водородная энергетика**

Кафедра *«Возобновляемые источники энергии»*

**Образовательная программа**  
по направлению: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль подготовки  
«Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»

Уровень высшего образования  
*бакалавриат*

Форма обучения  
*очная*

Статус дисциплины: *вариативная по выбору*

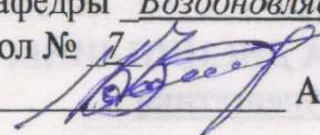
Махачкала  
2017

Рабочая программа дисциплины составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриат) от «03» 09 2015 г. № 955.

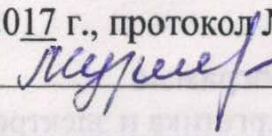
Разработчик(и): Бабаев А.А. – д.ф.-м.н., профессор кафедры ВИЭ

Рабочая программа дисциплины одобрена:

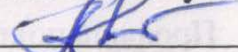
на заседании кафедры Возобновляемые источники энергии от «27» 03 2017 г., протокол № 7

Зав. кафедрой  Алхасов А.Б.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «31» 03, 2017 г., протокол № 7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«2» 05 2017 г.   
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Водородная энергетика входит в вариативную по выбору часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой Возобновляемые источники энергии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением водородных технологий; физических методов извлечения водорода из водородосодержащих смесей (свойства, хранение, транспортирование); устройств для использования водорода (топливные элементы).

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных - ОПК-1, профессиональных - ПК-2, ПК-3, ПК-4.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Се- местр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза- мен	Форма промежу- точной аттестации (зачет, дифферен- цированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все- го	из них						
		Лек- ции	Лаборатор- ные занятия	Практиче- ские заня- тия	КСР	консуль- тации		
5	56	18		38		16	зачет	

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) Водородная энергетика являются изучение водородных технологий и их успехов как одного из направлений развития научно-технического прогресса; физических методов извлечения водорода из водородосодержащих смесей (свойства, хранение, транспортирование); устройств для использования водорода (топливные элементы).

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина Водородная энергетика входит в вариативную по выбору часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК-1	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	<b>Знать:</b> почему водородной энергетике и технологии получения водорода уделяется огромное внимание; свойства, производство, хранение (газообразного, жидкого) и транспортировка, методы получения водорода. <b>Уметь:</b> анализировать необходимую информацию, полученную с измерительных приборов, технические данные средств измерений. <b>Владеть:</b> навыками для проведения необходимых расчетов на установке ЛДК-1 (солнечно-водородная энергетика) по получению водорода методом электролиза из воды.
ПК-2	Способность обрабатывать результаты экспериментов	
ПК-3	Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	
ПК-4	Способность поводить обоснование проектных решений	

## 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
<b>Модуль I. Современное состояние энергетики. Получение, свойства и транспортирование водорода</b>									
1	Введение. Современное состояние энергетики	5		1	3			2	Текущий контроль: коллоквиум (5 семестр) Промежуточная аттестация: зачет (5 семестр)
2	Свойства водорода. Потенциал применения водорода	5		1	3			2	
3	Хранение жидкого и газообразного водорода	5		1	3			2	
4	Получение атомарного водорода	5		1	4			1	
5	Физические методы извлечения водорода из водородосодержащих смесей: а) низкотемпературная конденсация и фракционирование; б) адсорбционное выделение; в) адсорбционное выделение водорода при помощи жидких растворителей; г) получение	5		1	4			1	

	водорода электролизом							
6	Транспортирование водорода в химически связанном состоянии	5		1	4			1
	<i>Итого по модулю 1:</i>			6	21			9
<b>Модуль II. Электролиз воды. Нанопористые материалы для водородной энергетики. Нанотехнологии в водородной энергетике.</b>								
7	Электролиз воды с использованием протонных мембран для электролизеров (получение водорода и кислорода на установке ЛДК-1 «Солнечно-водородная энергетика», зарядка топливного элемента)	5		2	2			1
8	Нанопористые материалы для водородной энергетики	5		1	2			1
9	Портативные топливные элементы	5		1	1			1
10	Производство водорода	5		1	2			1
11	Применение водорода	5		1	2			1
12	Концепция водородной цивилизации (три взаимозависимых и взаимообусловленных составляющих)	5		2	2			1
13	Нанотехнологии в водородной энергетике			1	2			

14	Энергия ядерного синтеза для водородной энергетики	5		1	2				
15	Солнечные элементы для водородной энергетики	5		2	2			1	
	<i>Итого по модулю 2:</i>			12	17			7	
	<b>ИТОГО:</b>			18	38			16	

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### **Основные разделы**

Современное состояние энергетики. Свойства водорода. Потенциал применения водорода. Хранение жидкого и газообразного водорода. Получение атомарного водорода. Физические методы извлечения водорода из водородосодержащих смесей (низкотемпературная конденсация и фракционирование; адсорбционное выделение; адсорбционное выделение водорода при помощи жидких растворителей; получение водорода электролизом). Транспортирование водорода в химически связанном состоянии. Электролиз воды с использованием протонных мембран для электролизеров (получение водорода и кислорода на установке ЛДК-1 «Солнечно-водородная энергетика», зарядка топливного элемента). Нанопористые материалы для водородной энергетики. Портативные топливные элементы. Производство водорода. Применение водорода. Концепция водородной цивилизации (три взаимозависимых и взаимообусловленных составляющих). Нанотехнологии в водородной энергетике. Энергия ядерного синтеза для водородной энергетики. Солнечные элементы для водородной энергетики.

#### **Темы практических и/или семинарских занятий**

*Модуль I. Современное состояние энергетики. Получение, свойства и транспортирование водорода*

Тема 1. Хранение жидкого и газообразного водорода (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 2. Получение атомарного водорода (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 3. Физические методы извлечения водорода из водородосодержащих смесей (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 4. Транспортирование водорода в химически связанном состоянии (форма проведения – практическое занятие, семинар)

*Модуль II. Электролиз воды. Нанопористые материалы для водородной энергетики. Нанотехнологии в водородной энергетике*

Тема 5. Электролиз воды с использованием протонных мембран для электролизеров (получение водорода и кислорода на установке ЛДК-1 «Солнечно-водородная энергетика», зарядка топливного элемента) (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 6. Портативные топливные элементы (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 7. Применение водорода (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 8. Нанотехнологии в водородной энергетике (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 9. Солнечные элементы для водородной энергетике (форма проведения – практическое занятие, семинар)

## **5. Образовательные технологии**

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Применяются активные и интерактивные формы проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций).

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

Учебно-методический комплекс по дисциплине (модулю) размещен на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к контрольным работам;
- подготовки к семинарским занятиям;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание рефератов по проблемам водородной энергетике.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
-------------	------------------------	--------------------



<p>ОПК-1</p>	<p><b>Знать:</b> почему водородной энергетике и технологии получения водорода уделяется огромное внимание; свойства, производство, хранение (газообразного, жидкого) и транспортировка, методы получения водорода.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать необходимую информацию, полученную с измерительных приборов, технические данные средств измерений.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками для проведения необходимых расчетов на установке ЛДК-1 (солнечно-водородная энергетика) по получению водорода методом электролиза из воды.</p>	<p>Устный опрос</p>
<p>ПК-2</p>	<p><b>Знать:</b> почему водородной энергетике и технологии получения водорода уделяется огромное внимание; свойства, производство, хранение (газообразного, жидкого) и транспортировка, методы получения водорода.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать необходимую информацию, полученную с измерительных приборов, технические данные средств измерений.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками для проведения необходимых расчетов на установке ЛДК-1 (солнечно-водородная энергетика)</p>	<p>Письменный опрос</p>

	по получению водорода методом электролиза из воды.	
ПК-3	<p><b>Знать:</b> почему водородной энергетике и технологии получения водорода уделяется огромное внимание; свойства, производство, хранение (газообразного, жидкого) и транспортировка, методы получения водорода.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать необходимую информацию, полученную с измерительных приборов, технические данные средств измерений.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками для проведения необходимых расчетов на установке ЛДК-1 (солнечно-водородная энергетика) по получению водорода методом электролиза из воды.</p>	Устный опрос
ПК-4	<p><b>Знать:</b> почему водородной энергетике и технологии получения водорода уделяется огромное внимание; свойства, производство, хранение (газообразного, жидкого) и транспортировка, методы получения водорода.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать необходимую информацию, полученную с измерительных приборов, технические данные средств измерений.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками для проведения необходи-</p>	Письменный опрос

	<p>мых расчетов на установке ЛДК-1 (солнечно-водородная энергетика) по получению водорода методом электролиза из воды.</p>	
--	--	--

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

### ОПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции « способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий »

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	<p><b>Знать:</b> почему водородной энергетике и технологии получения водорода уделяется огромное внимание; свойства, производство, хранение (газообразного, жидкого) и транспортировка, методы получения водорода.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать необходимую информацию, полученную с измерительных приборов, технические данные средств измерений.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками для проведения необходимых расчетов на установке ЛДК-1 (солнечно-водородная энергетика) по получению водорода методом электролиза из воды.</p>	<p>Ознакомлен с осуществлением поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представлением ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</p>	<p>Демонстрирует знания для осуществления поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представлением ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</p>	<p>Показывает навыки успешно осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</p>

## ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции « способность обрабатывать результаты экспериментов »

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	<p><b>Знать:</b> почему водородной энергетике и технологии получения водорода уделяется огромное внимание; свойства, производство, хранение (газообразного, жидкого) и транспортировка, методы получения водорода.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать необходимую информацию, полученную с измерительных приборов, технические данные средств измерений.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками для проведения необходимых расчетов на установке ЛДК-1 (солнечно-водородная энергетика) по получению водорода методом электролиза из воды.</p>	Ознакомлен с обработкой результатов экспериментов	Демонстрирует знания для обработки результатов экспериментов	Показывает навыки успешной обработки результатов экспериментов

## ПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции « способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования »

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	<b>Знать:</b> почему водо-	Ознаком-	Демонстриру-	Показывает

	<p>родной энергетике и технологии получения водорода уделяется огромное внимание; свойства, производство, хранение (газообразного, жидкого) и транспортировка, методы получения водорода.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать необходимую информацию, полученную с измерительных приборов, технические данные средств измерений.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками для проведения необходимых расчетов на установке ЛДК-1 (солнечно-водородная энергетика) по получению водорода методом электролиза из воды.</p>	<p>лен с принятием участия в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергетические, экологические требования</p>	<p>ет знания для принятия участия в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования</p>	<p>навыки успешного участия в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования</p>
--	--	---	--	--

#### ПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции « способность проводить обоснование проектных решений »

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	<p><b>Знать:</b> почему водородной энергетике и технологии получения водорода уделяется огромное внимание; свойства, производство, хранение (газообразного, жидкого) и транспортировка, методы по-</p>	<p>Ознакомлен с проведением обоснования проектных решений</p>	<p>Демонстрирует знания для проведения обоснования проектных решений</p>	<p>Показывает навыки успешно проводить обоснование проектных решений</p>

	<p>лучения водорода.  <b>Уметь:</b> анализировать необходимую информацию, полученную с измерительных приборов, технические данные средств измерений.  <b>Владеть:</b> навыками для проведения необходимых расчетов на установке ЛДК-1 (солнечно-водородная энергетика) по получению водорода методом электролиза из воды.</p>			
--	---	--	--	--

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### *Контрольные вопросы к модулю I*

1. Какие свойства водорода?
2. Каков потенциал применения водорода?
3. Как хранить жидкий водород?
4. Как хранить газообразный водород?
5. Как получить атомарный водород?
6. Что такое низкотемпературная конденсация и фракционирование?
7. Как осуществляется процесс адсорбционное выделение?
8. Получение водорода электролизом воды?
9. Нарисуйте схему получения водорода методом электролиза.
10. Получение водорода из дешевой растительной биомассы.
11. Адсорбционное выделение водорода при помощи жидких растворителей.

#### *Контрольные вопросы к модулю II*

1. Какую роль играют протонные мембраны для электролизера?
2. Какие нанопористые материалы используются для водородной энергетики?
3. Где применяется водород?
4. Какие существуют концепции водородной цивилизации?

5. Можно ли использовать солнечные элементы для водородной энергетики и почему?
6. Как используется энергия ядерного синтеза для водородной энергетики?
7. Транспортирование водорода в химически связанном состоянии.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50 % и промежуточного контроля - 50 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 20 баллов,
- участие на практических занятиях - 60 баллов,
- выполнение лабораторных заданий -      баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 60 баллов,
- письменная контрольная работа - 30 баллов,
- тестирование - 10 баллов.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

а) основная литература:

1. Справочник «Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение». Москва. «Химия» - 1989 г.
2. Ю.М. Буров «Сверхадиабатическое обжигание печи». С. 6-7. «Машиностроение». 1995 г., № 12.
3. «Обзор методов хранения водорода». Институт проблем материаловедения НАН Украины. <http://shp.ru/sei/fullrene/forums/ichms/2003/>
4. Студенников В.В. <http://www.h2-energy.com>

б) дополнительная литература:

1. Атомно-водородная энергетика и технология / Гл. ред. В.А. Легасов. М.: Атомиздат, 1978-1988, Вып. 1-8.
2. Гольцов В.А., Везироглу Т.Н., Гольцова Л.Ф. // Вестник водородной экономики и экологии (Донецк, ДонНТУ-ДонИФЦ ИАУ). 2004. №2. С. 5-14.
3. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей. К., 1984
4. Л.И. Трусков. Физические проблемы водородной энергетики // Материалы I Российской конференции «Портативные топливные элементы». 2004 г. Санкт-Петербург.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета

<http://edu.icc.dgu.ru>

2. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета  
<http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) ).

#### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучаемому курсу и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы. Методические указания не должны подменять учебную литературу, а должны мотивировать студента к самостоятельной работе.

Перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам, для подготовки к занятиям представлен в разделе «Учебно-методическое обеспечение. Литература»

**Лекционный курс.** Лекция является основной формой обучения в ВУ-Зе. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов.

Записи должны быть избирательными, своими словами, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. В ходе изучения аккумуляции энергии особое значение имеют материалы и схемы аккумуляции, поэтому в конспекте лекции рекомендуется делать все схемы, сделанные преподавателем на доске. Вопросы, возникающие у студентов в ходе лекции, рекомендуются задавать после окончания лекции.

Студенту необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий, подготовке к семинарским занятиям.

#### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

1. Федеральный центр образовательного законодательства.  
<http://www.lexed.ru>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
4. База данных электронных библиотечных ресурсов Elsevier  
<http://elsevierscience.ru>
5. Информационные ресурсы издательства Springer  
<http://www.springerlink.com/journals>



6. Библиотека Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) <http://rffi.molnet.ru/rffi/ru/lib>
7. Электронные источники научно-технической информации некоммерческого партнерства «Национальный электронно-информационный консорциум» <http://www.neicon.ru>
8. Ресурсы Университетской информационной системы Россия (УИС Россия) <http://uisrussia.msu.ru>
9. Единое окно доступа к образовательным ресурсам (ИС «Единое окно») <http://window.edu.ru>

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.