

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.05.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 2;
Часов (всего) по учебному плану:	72 часа
Лекции	не предусмотрено учебным планом
Практические занятия	3 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 39,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Дискуссия	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пушкарев А.С.
	Идентификатор	R1a9d4792-PushkarevAS-ae98160

(подпись)

А.С. Пушкарев

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: освоение основ анализа и расчета процессов при работе электрохимических энергоустановок включая энергоустановки для долгосрочных накопителей энергии.

Задачи дисциплины

- изучение роли электрохимической энергетики в структуре энергетики, включая автономную энергетику;
- овладение основными закономерностями функционирования устройств электрохимической энергетики, основами процессов, протекающих при работе электрохимических энергоустановок;
- овладение основами проектирования электрохимических энергоустановок водородной энергетики, включая энергоустановки для долгосрочных накопителей энергии.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен демонстрировать применение основных принципов управления, законов регулирования, построения автоматизированных систем управления объектами промышленной теплоэнергетики	ИД-1ПК-2 Демонстрирует знание основных принципов построения и типовых структур автоматизированных систем управления, законов регулирования основных технологических параметров и применения технических средств автоматизации объектов промышленной теплоэнергетики	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- основные термины, определения и понятия в области водородной и электрохимической энергетики;принцип действия и основы конструктивного выполнения электрохимических энергоустановок;- характеристики и закономерности функционирования топливных элементов основных типов и энергоустановок на их основе;принципы организации накопителей энергии на основе электрохимических энергоустановок; методы расчета параметров электрохимических энергоустановок;- основы конструктивного выполнения энергоустановок водородной энергетики (электролизеров воды, топливных элементов, систем хранения водорода), необходимых для реализации сезонного аккумулирования энергии на основе водородного цикла. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- анализировать зарубежную и отечественную научно-техническую информацию в области водородной и электрохимической энергетики;анализировать научную проблематику в области исследований и разработки устройств для электрохимической энергетики;- рассчитывать и анализировать

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		параметры электрохимических энергоустановок на основе топливных элементов; рассчитывать и анализировать параметры электрохимических накопителей энергии; - анализировать электрохимические процессы в установках водородной энергетики; рассчитывать параметры отдельных устройств и комплекса по автономному энергоснабжению с водородным накопителем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать законы физики, химии, математики
- знать материалы из программы вступительных испытаний
- знать физическая химия
- знать информационные технологии
- уметь анализировать зарубежную и отечественную научно-техническую информацию
- уметь рассчитывать технико-экономические показатели

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

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды.	27	3	-	-	12	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды."</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 23-54, 82-98, [3], стр. 9-20, 65-74 [5], стр. 15-23, 72-88, 118-131 [7], стр. 27-80</p>
1.1	Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды.	27		-	-	12	-	-	-	-	-	15	-	
2	Электрохимические энергоустановки на основе топливных	17.7		-	-	8	-	-	-	-	-	9.7	-	

	элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения												основе топливных элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение</u>
2.1	Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения	17.7	-	-	8	-	-	-	-	-	9.7	-	<u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения"
3	Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды	27	-	-	12	-	-	-	-	-	15	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды"
3.1	Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды	27	-	-	12	-	-	-	-	-	15	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение</u> <u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.64-72 [2], стр.5-45 [4], стр. 6-40 [6], стр. 72-88
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	

	Всего за семестр	72.0		-	-	32	-	-	-	-	0.3	39.7	-	
	Итого за семестр	72.0		-	-	32	-	-	-	-	0.3	39.7	-	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды.

1.1. Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды.

Место электрохимической энергетики в структуре энергетики, включая автономную энергетику. Классификация энергоустановок и потребителей. Основные закономерности функционирования устройств электрохимической энергетики. Термодинамика процессов. Разность потенциалов. Уравнение Нернста. Скорость электрохимических реакций. Закон Фарадея. Химические источники тока: виды, классификация, основные параметры и характеристики, ограничения в применении..

2. Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения

2.1. Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения

Энергоустановки на основе топливных элементов. Классификация типов топливных элементов, основные характеристики и закономерности их функционирования. Электрохимические накопители энергии. Использование электрохимических установок совместно с возобновляемыми источниками энергии. Автономное энергоснабжение. Выбор оборудования на основе электрохимических преобразователей для различных применений, включая автономное энергоснабжение.

3. Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды

3.1. Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды

Основные принципы сезонного аккумулирования энергии на основе водорода. Водородный цикл. Способы хранения и транспорта водорода. Сравнение различных способов хранения и транспорта водорода. Генераторы водорода на основе электролиза воды. Классификация, основные характеристики и закономерности функционирования. Современное состояние разработок. Виды электролизеров. Энергетические затраты на производство водорода. Технико-экономические характеристики электролизеров. Выбор оборудования на основе электрохимических преобразователей для различных применений, включая автономное энергоснабжение.

3.3. Темы практических занятий

1. Ознакомление со структурой мировой энергетики, введение в электрохимическую энергетику. Изучение классификации энергоустановок и потребителей (4 час);
2. Ознакомление с основными закономерностями функционирования устройств электрохимической энергетики. Расчет термодинамики процессов, разность потенциалов, скорость электрохимических реакций. Уравнение Нернста. Закон Фарадея (4 час);
3. Химические источники тока: виды, классификация, основные параметры и

- характеристики, ограничения в применении (4 час);
4. Ознакомление с основными видами и типами энергоустановок на основе топливных элементов. Классификация типов топливных элементов, основные характеристики и закономерности их функционирования. Электрохимические накопители энергии (4 час);
 5. Обсуждение использования электрохимических установок совместно с возобновляемыми источниками энергии. Автономное энергоснабжение. Выбор оборудования на основе электрохимических преобразователей для различных применений, включая автономное энергоснабжение (4 час);
 6. Ознакомление с основными принципами сезонного аккумулирования энергии на основе водорода, понятием водородного цикла, способами хранения и транспорта водорода. Сравнение различных способов хранения и транспорта водорода (4 час);
 7. Ознакомление с основными видами и типами генераторов водорода на основе электролиза воды: классификация, основные характеристики и закономерности функционирования. Современное состояние разработок. Виды электролизеров (4 час);
 8. Расчет энергетических затрат на производство водорода. Технико-экономические характеристики электролизеров. Выбор оборудования на основе электрохимических преобразователей для различных применений, включая автономное энергоснабжение (4 час).

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
Знать:					
основы конструктивного выполнения энергоустановок водородной энергетики (электролизеров воды, топливных элементов, систем хранения водорода), необходимых для реализации сезонного аккумулирования энергии на основе водородного цикла	ИД-1 _{ПК-2}		+		Дискуссия/Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения
характеристики и закономерности функционирования топливных элементов основных типов и энергоустановок на их основе; принципы организации накопителей энергии на основе электрохимических энергоустановок; методы расчета параметров электрохимических энергоустановок	ИД-1 _{ПК-2}	+			Дискуссия/Принципы работы электрохимических установок, первичных и вторичных источников тока, электролизеров воды
основные термины, определения и понятия в области водородной и электрохимической энергетики; принцип действия и основы конструктивного выполнения электрохимических энергоустановок	ИД-1 _{ПК-2}			+	Дискуссия/Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла
Уметь:					
анализировать электрохимические процессы в установках водородной энергетики; рассчитывать параметры отдельных устройств и комплекса по автономному энергоснабжению с водородным накопителем	ИД-1 _{ПК-2}		+		Дискуссия/Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения
рассчитывать и анализировать параметры электрохимических энергоустановок на основе топливных элементов; рассчитывать и анализировать параметры электрохимических накопителей энергии	ИД-1 _{ПК-2}	+			Дискуссия/Принципы работы электрохимических установок, первичных и вторичных источников тока, электролизеров воды
анализировать зарубежную и отечественную научно-техническую информацию в области водородной и	ИД-1 _{ПК-2}			+	Дискуссия/Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла

электрохимической энергетики; анализировать научную проблематику в области исследований и разработки устройств для электрохимической энергетики					
---	--	--	--	--	--

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Устная форма

1. Принципы работы электрохимических установок, первичных и вторичных источников тока, электролизеров воды (Дискуссия)
2. Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла (Дискуссия)
3. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения (Дискуссия)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Кулешов, Н. В. Электрохимические технологии в энергетике : учебное пособие по курсам "Водородная и электрохимическая энергетика", "Водородные накопители энергии", "Энергосбережение в электрохимических технологиях", "Тепломассоперенос в установках водородной и электрохимической энергетике", "Тепловые процессы в электрохимических системах" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" по профилям "Автономные энергетические системы" и "Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика" / Н. В. Кулешов, Ю. А. Славнов, В. Н. Кулешов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 119 с. - ISBN 978-5-7046-1868-3 . http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10076;
2. Кулешов, Н. В. Электрохимическое получение водорода : учебное пособие по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Н. В. Кулешов, В. Н. Кулешов, Ю. А. Славнов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 76 с. - ISBN 978-5-7046-2143-0 . http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10695;
3. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 280 с. - ISBN 5-7046-1185-0 .;
4. Волощенко, Г. Н. Электролизеры и топливные элементы с твердооксидным электролитом и энергоустановки на их основе : учебное пособие по курсу "Основы инженерного проектирования высокотемпературных электрохимических энергоустановок" по направлению "Теплоэнергетика", специализация "Электрохимическая и водородная энергетика" / Г. Н. Волощенко, Н. В. Коровин, Ю. А. Славнов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) .

– М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 44 с. - ISBN 978-5383-00456-2 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1486;

5. Нефедкин, С. И. Автономные энергетические установки и системы : учебное пособие по курсу "Автономные энергоустановки и системы" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. И. Нефедкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 218 с. - ISBN 978-5-7046-1847-8 .

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10105;

6. Нефедкин, С. И. Расчет схем автономного энергоснабжения потребителя на основе солнечной фотоэлектрической станции и водородного аккумулирования энергии : учебно-методическое пособие по курсу "Автономные энергоустановки и системы" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. И. Нефедкин, М. И. Крючкова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 40 с.

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8208;

7. Коровин Н. В., Кулешов Н. В., Гончарук О. Н., Камышова В. К., Ланская И. И., Мясникова Н. В., Осина М. А., Удрис Е. Я., Яштулов Н. А.- "Общая химия. Теория и задачи", (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2018 - (492 с.)

<https://e.lanbook.com/book/104946>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Электрохимические энергоустановки

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Принципы работы электрохимических установок, первичных и вторичных источников тока, электролизеров воды (Дискуссия)
- КМ-2 Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения (Дискуссия)
- КМ-3 Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла (Дискуссия)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	5	10	15
1	Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды.				
1.1	Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды.		+		
2	Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения				
2.1	Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения			+	
3	Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды				
3.1	Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды				+
Вес КМ, %:			35	30	35