

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов

(подпись)

«31» марта 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.09 Накопители энергии

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(специальность): (код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность (профиль) Энергоустановки на основе возобновляемых
(специализация): источников энергии
(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа: бакалавриат
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

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

Форма обучения	Очная	Заочная
Семестр	6	9
Общая трудоёмкость в з.е./часах	2,5/90	2,5/90
Контактная работа (час.), в том числе	53	12
лекции (час.)	34	4
лабораторные работы (час.)		
практические (семинарские) занятия (час.)	17	2
Самостоятельная работа (час.), в том числе	37	78
курсовой проект/работа (семестр)	-	
Контроль (экзамен, час./зачёт)	зачет	зачет

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Накопители энергии» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (Направленность (профиль)/специализация – «Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии») для 2023 года приёма всех форм обучения.

Составители:


Доцент кафедры
«Электрические станции»,
к.т.н., доцент


(подпись)

Минтус А.Н.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Электрические станции».

Протокол от « 14 » 03 2023 года № 7

Заведующий кафедрой 
(подпись) С.Н. Ткаченко

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДонНТУ» по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Протокол от « 23 » 03 2023 года № 3

Председатель 
(подпись) С.Н. Ткаченко

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электрические станции».

Протокол от « ____ » ____ 20__ года № ____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электрические станции».

Протокол от « ____ » ____ 20__ года № ____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электрические станции».

Протокол от « ____ » ____ 20__ года № ____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает общие принципы работы различных накопителей энергии, которые могут быть использованы в энергоустановках на основе ВИЭ.

Целью дисциплины является изучение возможностей и способов накопления электрической энергии в энергоустановках на основе ВИЭ.

В результате освоения дисциплины студент должен

- *знать*- основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования современных научных методов исследования; приемы обобщения и критической оценки результатов научных исследований отечественных и зарубежных ученых по проблемам электроэнергетических систем и сетей;

- *уметь* выбирать серийное оборудование и проектировать новые объекты управления электроэнергетическими системами и сетями; обобщать, анализировать и критически оценивать результаты научных исследований отечественных и зарубежных ученых по вопросам электроэнергетических систем и сетей;

- *владеть* навыками выбора серийного оборудования и проектирования новых объектов управления электроэнергетическими системами и сетями; способами представления результатов обобщения и критического анализа результатов научных исследований отечественных и зарубежных ученых по вопросам электроэнергетических систем и сетей.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций: способность определять параметры оборудования, анализировать и рассчитывать режимы работы и участвовать в ведении режимов объектов профессиональной деятельности (ПК-5) и способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований (ПК-1).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях, умениях и навыках, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: системы автоматического управления энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии, электрические и компьютерные измерения, теоретические основы электротехники.

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентами при изучении последующих дисциплин: алгоритмизация оптимизационных задач энергетики, энергетическое и вспомогательное оборудование электростанций на основе ВИЭ, прохождении государственной итоговой аттестации и в дальнейшей инженерной деятельности.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов				
	Всего	В том числе			
		Лек- ции	Практ. (Семина.)	Лабор.	СРС
Тема 1. Введение. Особенности выбора накопителя для систем с ВИЭ.	5	2/1			3/11
Тема 2 Гидроаккумуляторы.	5	2/1			3/11
Тема 3. Накопители электрической энергии на основе сжатого воздуха.	5	2			3/11
Тема 4. Свинцово-кислотные аккумуляторы.	7	4			3/11
Тема 5. Никель-кадмиевые и никель-металлогидридные аккумуляторы.	12	4	4		4/11
Тема 6. Литий-ионные аккумуляторы.	12	4/1	4/1		4/11
Тема 7. Натрий-серные аккумуляторы.	12	4	4		4/11
Тема 8. Топливные элементы на водороде.	13	4/1	5/1		4/12
Тема 9. Проточные редокс-накопители.	5	2			3/11
Тема 10. Суперконденсаторы.	7	4			3/11
Тема 11. Кинетические накопители (маховики).	5	2			3/11
Контактная работа (дополнительная)	2/6				
Курсовая работа (проект)					
Итого по видам занятий					
Контроль					
Итого:	90	34/4	17/2		37/78

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-1	Темы 1, 2,3,8,9,10
ПК-5	Тема 4,5,6,7,8,11

3.2.Лекции

Тема 1 Введение. Особенности выбора накопителя для систем с ВИЭ.

Содержание темы 1:

Возобновляемые источники энергии: виды (ВИЭ), особенности, ресурсы. Использование ВИЭ в мире и в России. Особенности выбора накопителя для систем с ВИЭ.

Литература к теме 1: [1,2,3]

Тема 2. Гидроаккумуляторы..

Содержание темы 2:

ГАЭС. Виды ГАЭС. ГАЭС как гидроаккумулятор. Положительные и отрицательные стороны использования ГАЭС. Принцип работы.

Литература к теме 2: [1]

Тема 3 Накопители электрической энергии на основе сжатого воздуха (НЭСВ).

Содержание темы 3:

Классификация НЭСВ. Принцип работы. Положительные и отрицательные стороны использования. Оптимизация структуры и стоимости НЭСВ.

Литература к теме 3: [1]

Тема 4 Свинцово-кислотные аккумуляторы. (СКА)

Содержание темы 4:

Классификация СКА. Принцип работы. Положительные и отрицательные стороны использования. Современные тенденции в производстве и применении СКА.

Литература к теме 4: [1,4]

Тема 5 Никель-кадмиевые и никель-металлогидридные аккумуляторы.

Содержание темы 5:

Принцип работы. Основная реакция в никель-кадмиевых аккумуляторах. Положительные и отрицательные стороны использования. Современные тенденции в производстве и применении.

Литература к теме 5: [1,4]

Тема 6 Литий-ионные аккумуляторы (ЛИАБ).

Содержание темы 6:

Принцип действия литий-ионного аккумулятора. Основные свойства литий-ионного аккумулятора Примеры схемотехнических решений активной и пассивной систем балансировки ЛИАБ. Положительные и отрицательные стороны использования.

Литература к теме 6: [1,4]

Тема 7 Натрий-серные аккумуляторы (NaS).

Содержание темы 7:

Принцип действия NaS. Положительные и отрицательные стороны использования. Современные тенденции в производстве и применении.

Литература к теме 7: [1,4]

Тема 8 Топливные элементы на водороде.

Содержание темы 8:

Принцип работы топливного элемента с твердополимерным электролитом. Водородный цикл. Принципиальная схема реализации водородного цикла с топливными элементами. Положительные и отрицательные стороны использования. Современные тенденции в производстве и применении.

Литература к теме 8: [1,2]

Тема 9 Проточные редокс-накопители.

Содержание темы 9:

Принцип работы накопителя. Устройство и принцип работы редокс-накопителя с проточным электролитом. Положительные и отрицательные стороны использования. Современные тенденции в производстве и применении.

Литература к теме 9: [1]

Тема 10 Суперконденсаторы.

Содержание темы 10:

Суперконденсатор. Двухслойный суперконденсатор (ДСК). Схема единичной ячейки ДСК. Характеристики суперконденсаторов. Положительные и отрицательные стороны использования. Современные тенденции применения.

Литература к теме 10: [1]

Тема 11 Кинетические накопители (КНЭ) (маховики).

Содержание темы 11:

Принцип работы КНЭ. Положительные и отрицательные стороны использования. Современные тенденции применения.

Литература к теме 11: [1]

3.3. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема работы	Объем, час.	Лите- ратура
1	Свинцово-кислотные аккумуляторы.	4	[1]
2	Никель-кадмиевые и никель-металлогидридные аккумуляторы.	4	[1]
3	Литий-ионные аккумуляторы.	4	[1]
4	Топливные элементы на водороде.	5	[12]
Итого:		17	

3.4. Лабораторные работы - не предусмотрено

3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала (не менее 50% от объема лекций)	20/48
2	Подготовка к практическим занятиям(не менее 50% от объема аудиторных практических занятий)	
3	Подготовка к лабораторным работам(не менее 50% от объема аудиторных лабораторных занятий)	17/30
4	Выполнение курсового проекта (36 часов)	
5	Выполнение курсовой работы (27 часов)	
6	Выполнение индивидуального задания (не менее 9 часов)	
Итого:		37/78

3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

По курсу не предусмотрено курсовое проектирование.

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и

профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;

- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

Экзамен по дисциплине учебным планом не предусмотрен.

4.3 Критерии оценивания

Текущий контроль знаний студентов производится по результатам практических занятий, индивидуального задания, во время контрольных опросов в ходе проведения занятий.

Полученная оценка по 100-бальной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-бальной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
	A	Отлично/зачтено
	B	Хорошо/зачтено
	C	
	D	Удовлетворительно/зачтено
	E	
	FX	Неудовлетворительно/не зачтено
	F*	

- - с обязательным повторным изучением дисциплины

4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях и лабораторных работах

1. Особенности выбора накопителя для систем с ВИЭ.
2. Положительные и отрицательные стороны использования ГАЭС.
- 3 Принцип работы накопителей электрической энергии на основе сжатого воздуха.

- 4 Положительные и отрицательные стороны использования свинцово-кислотных аккумуляторов.
5. Основная реакция в никель-кадмиевых аккумуляторах.
6. Основные свойства литий-ионного аккумулятора.
7. Современные тенденции в производстве и применении натрий-серных аккумуляторов.
8. Принципиальная схема реализации водородного цикла с топливными элементами.

4.5 Курсовое проектирование

Курсовое проектирование по дисциплине учебным планом не предусмотрено.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I Основная литература

1. Накопители электроэнергии в электроэнергетике : учебное пособие / составители А. В. Гофман, А. С. Ведерников, Д. М. Баннов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/111386.html> .
2. Радченко, Р. В. Водород в энергетике : учебное пособие / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 232 с. — ISBN 978-5-7996-1316-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. —

II Дополнительная литература

3. Карабанов, С. М. Энергетика будущего. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии. Тонкопленочные солнечные элементы и модули (техника, экономика, анализ рынка, перспектива развития) / С. М. Карабанов, П. П. Безруких, Т. А. Шушканова. — Москва : Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2014. — 84 с. — ISBN 978-5-98908-230-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/121959.html>
4. Иванов, В. Л. Приемники и аккумуляторы теплового излучения Солнца : учебное пособие по курсам «Источники, концентраторы, приемники энергии», «Теплообменные аппараты» / В. Л. Иванов ; под редакцией М. И. Осипов. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. — 68 с. — ISBN 5-7038-2937-2. — Текст :

электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/31165.html>

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

7. Минтус А.Н. Конспект лекций по дисциплине «Накопители энергии»
8. Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Накопители энергии» [Электронный ресурс] для обучающихся уровня профессионального образования «бакалавр» по направлению подготовки 13.03.02 «Электротехника и электротехника» профиля «Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии» для всех форм обучения ГОУВПО «ДОННТУ», каф. «Электрические станции», сост. Минтус А.Н., Черников В.Г. – 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. Доступ через личный кабинет студента.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Лекционные занятия:

Учебная лаборатория № 8.210в, учебный корпус 8, для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - «Лекционная». Компьютер: системный блок Р 4 2,8 GHz / 2x256 Mb / HDD 40Gb; монитор 17" TFT View Sonic VA 703B; монитор Samsung SyncMaster 940N TFT 19". ОС: Microsoft Windows XP; OpenOffice 4.1.4; Adobe Reader X 10.1.0; MatLab R 2010a; WinRAR 3.80 (пробная версия); Google Chrome 49.0.2623. Мультимедийный проектор TOSHIBA TLP. Имеется возможность доступа к сети «Интернет». Специализированная мебель: экран Draper Luma, доска мобильная 2-стор. ТК-TEAM, шкаф для одежды, столы, стулья.

7.2 Лабораторные работы:

Учебная лаборатория № 8.208а, учебный корпус 8, для проведения практических и лабораторных занятий, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – «Лаборатория управления возобновляемыми источниками энергии и электроприводами». Экспериментальный стенд для исследования режимов работы ветрогенераторов; лабораторная установка для исследования топливного водородного элемента NP50; стенд для испытания электроприводов; 3-х фазный выпрямитель SIMOREG; преобразователь частоты SIMOVERT; асинхронный электродвигатель 1000Вт.; электродвигатель постоянного тока 1000Вт.; цифровой осциллоскоп; преобразователь MICROMASTER 440 4кВт. Компьютеры: системный блок (2шт.) Р 4 2,8GHz / 2x256Mb / HDD 40Gb; системный блок Р 4 2,8GHz / 2x256Mb; 1Gb / HDD₁ 80Gb; HDD₂ 250Gb; системный блок Р 4 2,8GHz / 2x256Mb; 1Gb / HDD₁ 40Gb; HDD₂ 250Gb; монитор Samsung SyncMaster 795DF (4шт.). ОС: Microsoft

Windows XP; OpenOffice 4.1.4; Adobe Reader X 10.1.0 / Adobe Reader 8.1.3 / Adobe Reader X; MatLab; WinRAR 4.11 (пробная версия); Google Chrome 49.0.2623/Mazilla 30.0. Принтер HP LJ 5000. Имеется возможность доступа к сети «Интернет». Проектор Liesegang, мультимедийный переносной проектор EPSON. Специализированная мебель: киноэкран, доска классная стеклянная, шкафы, столы, стулья.

7.4 Самостоятельная работа:

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2, 3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.