

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Гидроэлектростанция

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная



УТВЕРЖДАЮ

Директор ДФ НИУ «МЭИ»

С.А. Абдулкеримов

2025 г.

Рабочая программа дисциплины  
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану	Б1. В.20
Трудоемкость в зачетных единицах	8 семестр – 4
Часов (всего) по учебному плану	144
Лекции	8 семестр – 32 часа
Практические занятия	8 семестр – 16 часов
Самостоятельная работа	8 семестр – 60 часа
включая: РГР	8 семестр – 48 часов
Промежуточная аттестация	8 семестр – 2,5 часа
Контроль	8 семестр – 33,5 часа

Душанбе 2025 г

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

доцент кафедры электроэнергетики,  
кандидат технических наук

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

М.В. Шамсиев

(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой  
электроэнергетики, кандидат  
технических наук, доцент

(название кафедры)



(подпись)

Х.Б. Назиров

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины состоит в изучении систем автоматического управления энергоустановок на базе возобновляемых источников энергии, их назначения, конструкции, основ проектирования и выбора настроечных параметров.

### Задачи дисциплины:

- Формирование знания и представление о: роли и месте систем автоматического управления в обеспечении жизнеспособности, надежности и экономичности работы установок на базе ВИЭ; видах, конструкциях, способах проведения обслуживания и расчетов параметров САУ при проектировании.

- Развитие умения использования полученных знаний: для анализа функциональной, технической и организационной структуры САУ; организации их эксплуатации и определения параметров их элементов при проектно-конструкторской разработке.

- Выработка навыков пользования справочными и методическими литературными источниками; проведения расчетов параметров элементов, выбора настроечных параметров.

- Оценки правильности результатов расчетов и обоснования конкретных технических решений.

- Составления программы проведения проверок САУ.

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 понимать общие принципы построения и функционирования систем автоматического управления	ИД-1пк-2 Демонстрирует понимание принципов построения и функционирования систем автоматического управления  ИД-2пк-2 Выполняет анализ простых систем автоматического управления	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– иерархическую структуру построения систем автоматического управления гидроэнергетических установок;</li><li>– предельные параметры работоспособности основного оборудования ВИЭ;</li><li>– единую система конструкторской документации (ЕСКД), обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах и обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах систем автоматики;</li><li>– необходимый перечень исходных данных для разработки систем автоматического управления ВИЭ;</li><li>– алгоритмы работы каждого из устройств оборудования ВИЭ;</li><li>– требования к техническим характеристикам объектов автоматизации ВИЭ.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– проводить наладочные работы систем управления и автоматики;</li><li>– составлять протоколы проверок</li></ul>



		<p>устройств автоматики основного оборудования ВИЭ;</p> <p>– оценивать/рассчитывать пределы допустимых управляющих воздействий на оборудование ВИЭ от систем автоматики;</p> <p>– рассчитать систему автоматического управления установки ВИЭ;</p> <p>– делать выводы по итогам выполнения расчётно-графической работы (РГР).</p>
--	--	---

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Электрические станции и подстанции», «Гидравлические машины», «Гидромеханика», «Теория автоматического управления», «Электроснабжение» «Электрическая часть гидроэнергетических установок».

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 4 зачетных единицы, 144 часов.

№ п / п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы							Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по рабочей программе и страниц или § в нем)		
				Контактная								СР	Контр
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИКК П	ПА				
1	Основы автоматизации управления ГЭУ	12	8	2	-	-	-	-	10	-	[1], гл. 1,3, гл. 6-11; гл. 12, 13, 15		
2	Универсальная характеристика турбины	16	8	4	2	-	-	-	10	-	[2]; [3], гл. 7		
3	Гидравлические усилители и исполнительные механизмы	15	8	3	2	-	-	-	10	-	[4] гл.8,9; [5] гл.5; [1], Гл. 2		
4	Автоматический пуск и останов гидроагрегата	14	8	2	2	-	-	-	10	-	[1], Гл. 10		
5	Предупредительная и аварийная сигнализация на гидроагрегате	11	8	4	2	-	-	-	5	-	-		
6	Системы регулирования гидротурбины	19	8	10	4	-	-	-	5	-	[6]; [7]		
7	Групповой регулятор активной мощности	10	8	3	2	-	-	-	5	-	[7], Гл. 3		
8	Автоматическая синхронизация гидрогенератора	11	8	4	2	-	-	-	5	-	[1], Гл. 9		
Экзамен		36	8	-	-	-	-	-	2,5	-	33,5		
Итого:		144	8	32	16	-	-	-	60	33,5			



### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 8 семестр

##### 1. Основы автоматизации управления ГЭУ

Задачи автоматизации гидроэлектростанций. Перечень устройств и механизмов основного и вспомогательного оборудования гидроэлектростанции, работающих в полностью автоматическом режиме. Основные требования к обеспечению безопасности автоматических устройств гидроэлектростанций. Техническое обслуживание и оперативное управление автоматическими устройствами. Принципы построения автооператора.

##### 2. Универсальная характеристика турбины

Модельная и эксплуатационная универсальные характеристики гидротурбины. Методика получения расходных и моментных характеристик и дальнейшее их использование как основных технических документов гидротурбины для выбора уставок систем автоматического управления САУ ГА. Получение из универсальной характеристики коэффициентов линеаризации уравнений турбины. Расчёт настроечных параметров регулятора турбин с использованием коэффициентов линеаризации. Выбор режимов работы различных типов турбин при различных напорах и мощности.

##### 3. Гидравлические усилители и исполнительные механизмы

Конструкции гидравлических усилителей и исполнительных механизмов. Назначения. Уравнения и передаточные функции. Характеристики вида вход-выход. Виды нелинейностей. Сервомотор направляющего аппарата гидротурбины. Сервомотор разворота лопастей рабочего колеса. Расчёт сервомотора направляющего аппарата. Расчёт главного золотника регулятора турбины.

##### 4. Автоматический пуск и останов гидроагрегата

Автоматический пуск и останов гидроагрегата как технологические и непрерывные процессы, выполняемые после подачи соответствующих командных импульсов «Пуск» и «Останов» в строго заданной последовательности и без вмешательства оперативного персонала. Алгоритмы технологических процессов пуска и останова. Зависимость степени сложности процессов автоматического пуска и останова от типа гидротурбины, генератора и регулятора частоты вращения. Автоматический контроль за процессами пуска и останова гидротурбины. Возможные нарушения работы технологического оборудования, запрещающие процессы пуска и останова.



## 5. Предупредительная и аварийная сигнализация на гидроагрегате

Принцип выявления неисправностей в работе оборудования гидроэлектростанции. Оповещение оперативного персонала и автоматическое отключение или полный останов гидроагрегата при развитии неисправностей до состояния, угрожающего целостности оборудования. Две системы сигнализации: центральная аварийная и центральная предупредительная. Расшифровка последовательности действия сигнализации, указывающей характер неисправностей. Аварийная сигнализация при действии электрических и гидромеханических защит, действующих на отключение и останов гидроагрегата. Центральная предупредительная сигнализация, действующая при срабатывании всех видов электрических защит и срабатывания гидромеханических защит, сигнализирующих об отклонении от нормальных параметров работы отдельных узлов и вспомогательных систем гидроагрегата.

## 6. Системы регулирования гидротурбины

Нормативные документы, обеспечивающие регулирование частоты в энергосистемах России. Требования к допустимым отклонениям частоты в энергосистеме. Уравнение движения ротора гидроагрегата. Статические характеристики гидротурбины и нагрузки. Статизм регулирования. Определение статизма регулирования натурным экспериментом. Виды регулирования: первичное, вторичное, третичное. Принципы регулирования частоты вращения гидроагрегата.

Гидромеханические и электрогидравлические автоматические регуляторы частоты вращения гидроагрегата (АРЧВ). Требования к регуляторам частоты вращения гидроагрегатов. Гарантии регулирования при наборе и сбросе 100% нагрузки. Функции и конструктивные требования к АРЧВ гидротурбины. Регуляторы с обратными связями по открытию направляющего аппарата и по активной мощности гидрогенератора. Законы регулирования. Передаточные функции различных типов регуляторов. Передаточные функции турбины и генератора при различных режимах работы. Обеспечение устойчивой работы системы регулирования.

Анализ процесса регулирования частоты вращения и частоты сети энергосистемы. Статизм регулирования и настроечные параметры регулятора турбины. Факторы, влияющие на процесс регулирования. Системы регулирования отечественных и зарубежных производителей: Ракурс (РФ), ANDRITZ Hydro, ALSTOM, VOIT.

## 7. Групповой регулятор активной мощности

Цель использования системы группового регулирования активной мощности (ГРАМ) на ГЭС. Требования предъявляемые к ГРАМ. Использование ГРАМ в системном регулировании. Вторичное регулирование частоты в энергосистеме. Используемые схемы ГРАМ на гидроэлектростанциях. ГРАМ типа Центральный задатчик активной нагрузки. Сервисные функции системы ГРАМ.

## 8. Автоматическая синхронизация гидрогенератора

Описание физического процесса синхронизации генератора на параллельную работу с электрической сетью. Способы синхронизации: точная и самосинхронизация. Оптимальные условия для синхронизации. Аппаратура, обеспечивающая синхронизацию генератора. Алгоритм процесса точной синхронизации гидрогенератора.

### 3.3. Темы практических занятий (14 часов)

#### 8 семестр

1. Определение по универсальным характеристикам моментных и расходных характеристик (2 часа).
2. Расчёт коэффициентов линеаризации уравнений турбины (2 часа).
3. Построение логарифмических амплитудных и фазовых частотных характеристик и определение запаса устойчивости регулирования частоты вращения гидроагрегата (2 часа).
4. Выбор настроечных параметров регулятора турбины (2 часа).
5. Определение размеров сервомоторов направляющего аппарата (2 часа).
6. Разработка схемы управления группой агрегатов для управления мощностью ГЭС (2 часа).
7. Выбор настроечных параметров Центрального задатчика активной нагрузки группового регулирования активной мощности (4 часа).

### 3.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

### 3.5. РГР

#### 8 семестр

Расчет моментных и расходных характеристик турбины из её универсальной характеристики.

### 3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект учебным планом не предусмотрен.



### 3.8. 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	4	5	6	7	8	
<b>Знать:</b>											
- иерархическую структуру построения систем автоматического управления гидроэнергетических установок		ПК-2 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2	X					X	X		Тест: «Основные структурные схемы построения системы автоматического управления»
- алгоритмы работы каждого из устройств оборудования ВИЭ		ПК-2 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2			X	X	X	X	X	X	Тест: «Алгоритм работы конкретного устройства САУ ГА»
- требования к техническим характеристикам объектов автоматизации ВИЭ		ПК-2 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2					X	X	X	X	Тесты: «Технические характеристики гидроурбин», «Технические характеристики гидрогенератора»
<b>Уметь:</b>											
- проводить наладочные работы систем управления и автоматики		ПК-2 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2			X			X	X		Тест: Методика (программа) выполнения наладки системы регулирования гидроурбины»
- выполнить анализ работоспособности простой системы автоматического управления установкой ВИЭ		ПК-2 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2						X	X		Тест: «Точность и устойчивость системы автоматического управления»
- делать выводы по итогам выполнения расчётно-графической работы (РГР)		ПК-2 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2		X							Тест: «Моментные и расходные характеристики различных типов гидроурбин»

Всего часов на раздел дисциплины: 180

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

###### **8 семестр**

- тестирование:

1. Тест: «Основные структурные схемы построения системы автоматического управления»
2. Тест: «Алгоритм работы конкретного устройства САУ ГА»
3. Тест: «Технические характеристики гидрогенератора»
4. Тест: «Технические характеристики гидротурбины»
5. Тест: «Методика (программа) выполнения наладки системы регулирования гидротурбины»
6. Тест: «Точность и устойчивость системы автоматического управления»
7. Тест: «Моментные и расходные характеристики различных типов гидротурбин»

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Автоматизация гидроэлектрических станций: Учебное пособие / М.Д. Кучкин, Н.А. Спицын; под ред. М.Д. Кучкина. – М, Л. : Госэнергоиздат, 1957. - 350 с., ил.
2. Д.С.Щавелев Д.С. Гидроэнергетические установки (гидроэлектростанции, насосные станции и гидроаккумулирующие электростанции), Л., 1981.
3. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций: В 2 т. Т.1. Основное оборудование гидроэлектростанций : Справочное пособие / под ред. Ю.С. Васильев, Д.С. Щавелёв. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 400 с.
4. Овчаренко Н.И. Полупроводниковые элементы автоматических устройств энергосистем. – М.: Энергоиздат, 1981. – 408 с., ил.
5. Танатар А.И. Элементы промышленной автоматики и их динамические свойства. – К.: Техніка, 1975. – 232 с., ил.
6. Дудченко Л.Н. Инженерные основы регулирования гидротурбин: учебное пособие для вузов / Л.Н. Дудченко. — М.: Издательский дом МЭИ, 2020. — 160 с., ил.
7. Дудченко Л.Н. Автоматическое регулирование частоты и активной мощности в энергосистеме гидроагрегатами ГЭС. –М: Изд. дом МЭИ, 2008. – 88 с., ил.

**5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:** ОС Windows, Microsoft Office, MathCAD, MathLab.

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

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>  
Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>  
Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>  
База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>  
База данных Scopus <https://www.scopus.com>



Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>  
База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ  
<https://rosmintrud.ru/opendata>  
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>  
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты  
РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>  
Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>  
База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>  
Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>  
Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная  
библиотека» <https://нэб.рф>  
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>  
Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>  
Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и  
метрологии <http://protect.gost.ru/>  
Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>  
Портал ОАО «РусГидро» [www.rusgidro.ru](http://www.rusgidro.ru)

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории, предусмотренной образовательной программой, оснащенной оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МЭИ.

МЭИ обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения (состав определяется в рабочих программах дисциплин (модулей) и проходит обновление, при необходимости).

Библиотечный фонд укомплектован требуемыми печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик, на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль), проходящих соответствующую практику.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей) и обновляется, при необходимости.

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

# БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Системы автоматического управления энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии

(название дисциплины)

### 8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест «Основные структурные схемы построения системы автоматического управления»
- КМ-2 Тест: «Алгоритм работы конкретного устройства САУ ГА»
- КМ-3 Тест: «Технические характеристики гидрогенератора»
- КМ-4 Тест: «Технические характеристики гидротурбины»
- КМ-5 Тест: «Методика (программа) выполнения наладки системы регулирования гидротурбины»
- КМ-6 Тест: «Точность и устойчивость системы автоматического управления»
- КМ-7 Тест: «Моментные и расходные характеристики различных типов гидротурбин»

Трудоемкость дисциплины = 4 з.е. (без учета КПр/ИКПр)

Номер раздела дисциплины	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	14	16
1	Основы автоматизации управления ГЭУ			X					
2	Универсальная характеристика турбины								X
3	Гидравлические усилители и исполнительные механизмы						X		
4	Автоматический пуск и останов гидроагрегата			X					
5	Предупредительная и аварийная сигнализация на гидроагрегате						X		
6	Системы регулирования гидротурбины		X				X	X	
7	Групповой регулятор активной мощности		X	X				X	
8	Автоматическая синхронизация гидрогенератора				X	X			
Вес КМ, %:			15	15	10	10	10	20	20