

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/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Гидроэлектростанции

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная



УТВЕРЖДАЮ
 Директор ФГБНУ «МЭИ»
 С.А. Абдулкеримов
 2025 г.

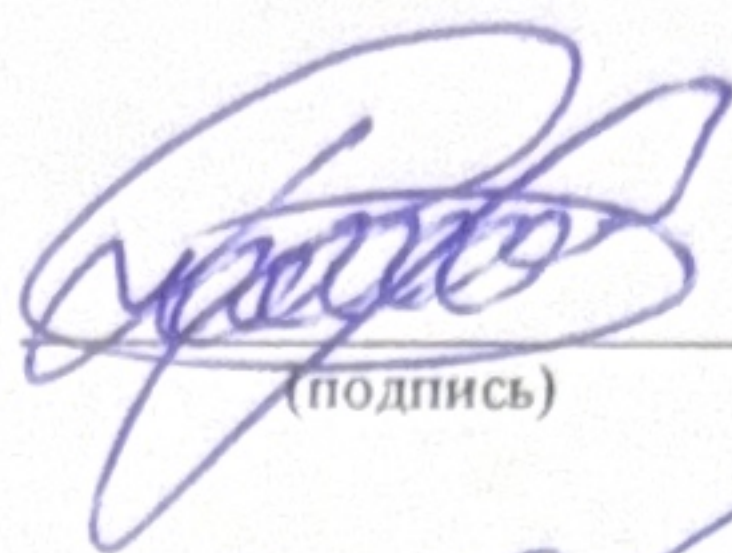
Рабочая программа дисциплины
 ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЕ
 ОБОРУДОВАНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану	Б1.В.19
Трудоемкость в зачетных единицах	8 семестр – 4
Часов (всего) по учебному плану	144
Лекции	8 семестр – 32 часа
Практические занятия	8 семестр – 16 часов
Лабораторные работы	8 семестр – 16 часов
Консультации по курсовому проекту/ работе:	
групповые	Учебным планом не предусмотрены
индивидуальные	Учебным планом не предусмотрены
Самостоятельная работа	8 семестр – 4 часа
включая: РГР	8 семестр – 24 часов
Промежуточная аттестация	
экзамен	8 семестр – 2,5 часа
Контроль	
экзамен	8 семестр – 33,5 часа

Душанбе 2025 г.

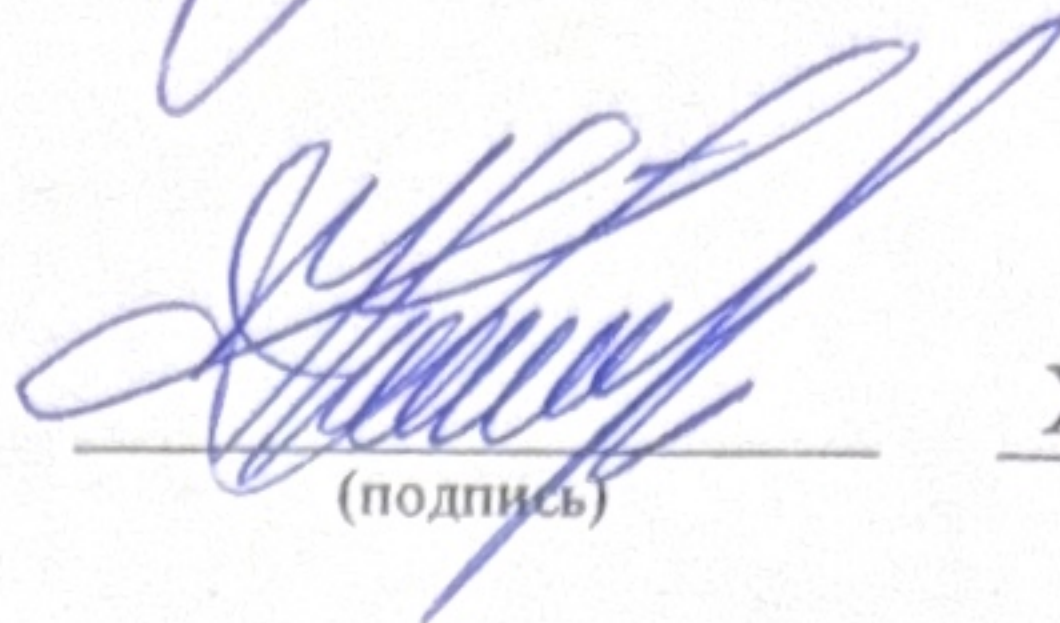
ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

доцент кафедры Электроэнергетики,
кандидат технических наук, доцент
(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

Б.А. Гаюров
(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 основных вспомогательных систем гидроэнергетических установок, их назначения, конструкции, основ проектирования систем вспомогательного оборудования гидроэнергетических установок.

Задачи дисциплины:

– Формирование знания и представление о: роли и месте вспомогательных систем в обеспечении жизнеспособности, надежности и экономичности работы гидроэнергетических установок; видах, конструкциях, способах проведения обслуживания и расчетов параметров вспомогательного оборудования при проектировании.

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

– Выработка навыков: пользования справочными и методическими литературными источниками; проведения расчетов параметров элементов и схем вспомогательных систем гидроэнергетических установок; оценки правильности результатов расчетов и обоснования конкретных технических решений.

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-4 Способен принимать участие в проектировании систем вспомогательного оборудования гидроэнергетических установок	ИД-4ПК-4 Умеет выполнять расчёты основных технических показателей элементов вспомогательного оборудования гидроэнергетических установок	знать: – необходимый перечень исходных данных для разработки каждого устройства вспомогательного оборудования; – алгоритм расчёта каждого из устройств вспомогательного оборудования; – требования к техническим характеристикам вспомогательного оборудования. уметь: – рассчитать комплекс вспомогательного оборудования гидроэнергетической установки; – делать выводы по итогам выполнения расчётного задания; – сопоставлять конкурентные варианты устройств вспомогательного оборудования и выбирать наилучший.

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 изучении следующих дисциплин: «Электростанции на основе ВИЭ», «САУ энергоустановок на основе ВИЭ», «Гидротехнические сооружения» и 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 п. 5.1 и страниц в нем)	
				Контактная						СР		Конт р
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИКК П	ПА			
1	Структурно-функциональное представление систем основного и вспомогательного оборудования ГЭУ	4	8	4	-	-	-	-	-	-	[5], §16.1	
2	Системы регулирования гидротурбины	26	8	6	2	4	-	-	-	14	[2], гл. 1,2; [1], гл. 1	
3	Масляное хозяйство ГЭС	20	8	4	4	4	-	-	-	8	[1], гл. 5	
4	Пневматическое хозяйство ГЭС	8	8	2	2	2	-	-	-	2	[1] гл.4	
5	Техническое водоснабжение и пожаротушение ГЭС	12	8	4	2	2	-	-	-	4	[1] гл.6	
6	Затворы, сороудерживающие решетки и подъемно- транспортное оборудование ГЭУ	14	8	4	2	4	-	-	-	4	[3] §4.2.1	
7	Специальные эксплуатационные задачи ГЭУ и требуемое для них оборудование	8	8	4	2	-	-	-	-	2	[1] §§4.5; 7.1, 7.2	
8	Методы расчета параметров и режимов вспомогательного оборудования ГЭУ	12	8	2	2	-	-	-	-	8	[1] гл. 8	
9	Основы автоматизации управления и проектирования вспомогательного оборудования ГЭУ	4	8	2	-	-	-	-	-	2	[2] гл.1; [1] §3.4	
	Экзамен	36	8	32	16	16	-	-	-	-	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена	
	Итого:	144	-	32	16	16	-	-	-	44	33,5	

3.2 Краткое содержание разделов

8 семестр

1. Структурно-функциональное представление систем основного и вспомогательного оборудования ГЭУ.

Состав основного и вспомогательного оборудования ГЭС. Функции основного и вспомогательного оборудования. Основные принципы автоматического управления и регулирования режимов работы агрегатов ГЭУ.

2. Системы регулирования гидротурбины

Нормативные документы поддержания 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

Структурная схема первичного регулятора гидротурбины с обратной связью по открытию направляющего аппарата. Изодромный регулятор. ПИД-регулятор. Принцип действия, анализ процесса регулирования.

Направляющий аппарат гидротурбины. Маслонапорная установка. Гидравлическая схема регулирования расхода воды на гидротурбину. Основы теории маслонапорной установки. Расчёт маслонасосного агрегата МНУ. Выбор типовой МНУ.

Расчёт сервомотора направляющего аппарата. Принцип моделирования гидротурбин. Определение максимального открытия направляющего аппарата гидротурбины. Устройство гидравлического усилителя, его преимущества. Расчёт главного золотника первичного регулятора турбины. Анализ процесса регулирования. Факторы, влияющие на процесс регулирования.

Системы регулирования отечественных и зарубежных производителей: Ракурс (РФ), ANDRITZ Hydro, ALSTOM, VOIT.

3. Масляное хозяйство ГЭС

Маслохозяйство. Потребители масла. Сорта масла. Выбор оборудования. Принципы размещения оборудования маслохозяйства в здании. Система приема и обработки масла. Хранения масла разных типов. Техника безопасности и охрана природы при проведении работ с маслом. Охлаждение масла. Консистентные смазки.

4. Пневматическое хозяйство ГЭС

Пневматическое хозяйство. Компрессоры. Магистраль передачи сжатого воздуха. Воздухозборники. Конструкция и обслуживание воздухозборников. Расчёт расхода и объёма сжатого воздуха для зарядки маслонапорной установки. Система отжатия воды из камер

рабочих колёс турбин. Система механического торможения ротора гидроагрегата. Система создания полынйи в верхнем бьефе. Расход воздуха на технические нужды. Пневмогидравлическая аппаратура измерения давления воды. Выбор компрессоров низкого давления.

5. Техническое водоснабжение и пожаротушение ГЭС

Потребители технической воды на ГЭС. Схемы технического водоснабжения. Воздухоохладители статора генератора. Маслоохладители подпятника подшипника генератора. Охлаждение и смазка турбинного подшипника. Расчёт воды на технические нужды. Системы противопожарного водоснабжения. Схема тушения пожара в генераторе. Выбор оборудования. Системы пожаротушения ГЭС, генераторов, трансформаторов, кабельных туннелей. Откачка воды из дренажных колодцев.

6. Затворы, сороудерживающие решетки и подъемно-транспортное оборудование ГЭУ

Затворы и задвижки водопроводящего тракта. Борьба с попаданием посторонних предметов в зону работы рабочего колеса турбины. Виды средств борьбы. Подъемные механизмы обеспечения ремонта ГЭУ. Виды подъемных кранов.

7. Специальные эксплуатационные задачи ГЭУ и требуемое для них оборудование

Создание незамерзающей полынйи перед затворами и задвижками. Откачка воды из отсасывающей трубы гидротурбины при переводе гидроагрегата в режим синхронного компенсатора.

8. Методы расчета параметров и режимов вспомогательного оборудования ГЭУ

Расчет систем автоматического регулирования гидротурбины (сервомоторов направляющего аппарата, диаметра главного золотника направляющего аппарата). Расчёты масляной установки, масляного хозяйства ГЭС, пневматического хозяйства ГЭС, расхода и объема сжатого воздуха для отжатия воды в камере рабочего колеса и режима отжатия, расхода и объема сжатого воздуха для механической системы торможения ротора гидроагрегата, расхода и объема сжатого воздуха для создания полынйи, расхода и объема сжатого воздуха для технических нужд. Расчёт технического водоснабжения. Методы выбора параметров трубопроводов, баков, компрессоров. Согласование параметров установок вспомогательного оборудования.

9. Основы автоматизации управления и проектирования вспомогательного оборудования ГЭУ

Способы управления элементами вспомогательного оборудования в раках АСУ ТП. Сигнализация о неисправностях и о нарушениях нормальной работы ГА, а также для предупреждения развития аварийного состояния механическая часть гидротурбины. Гидромеханические защиты ГА. Система температурного контроля гидроагрегата. Диагностика состояния оборудования. Система мониторинга вибрационного состояния. Автоматизация расчетов и оптимизации схем размещения вспомогательного оборудования в САПР энергоустановок.

3.3. Темы практических занятий

8 семестр

1. Определение размеров сервомоторов гидропривода рабочего колеса (2 часа).
2. Выбор колонки управления и масляной установкой (4 часа).
3. Определение количества турбинного и изоляционного масел, используемых в основном оборудовании, выбор оборудования и составление схем маслохозяйства и разводки маслопроводов (2 часа).
4. Составление схемы и выбор оборудования технического водоснабжения и пожаротушения генератора (2 часа).
5. Расчеты по осушению отсасывающих труб и спиралей, выбор оборудования и составление схемы (2 часа).
6. Расчеты потребления сжатого воздуха для зарядки МНУ, торможения агрегата, собственных нужд, перевода агрегатов в режиме синхронного компенсатора и пр. (2 часа).
7. Выбор компрессоров и воздухохосборников (2 часа).

3.4. Лабораторные работы

8 семестр

1. Системы регулирования гидротурбины
2. Масляное хозяйство ГЭС
3. Пневматическое хозяйство ГЭС
4. Техническое водоснабжение и пожаротушение ГЭС
5. Затворы, сороудерживающие решетки и подъемно- транспортное оборудование ГЭУ.

3.5. РГР

Тип РГР: расчетное задание.

Тематика расчетных заданий

8 семестр

Расчет параметров элементов масляного, пневматического хозяйства и систем технического водоснабжения на заданные параметры основного оборудования ГЭУ.

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 I)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)									Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Знать:											
– необходимый перечень исходных данных для разработки каждого устройства вспомогательного оборудования;	ПК-4 ИД-4пк-4		X	X	X	X					Тесты: «Исходные данные», «Вспомогательное оборудование ГЭУ»
– алгоритм расчёта каждого из устройств вспомогательного оборудования;	ПК-4 ИД-4пк-4				X				X		Тест «Расчётные параметры»
– требования к техническим характеристикам вспомогательного оборудования.	ПК-4 ИД-4пк-4									X	Тесты: «Характеристики основного и вспомогательного оборудования ГЭУ», «Гидрологические характеристики ГЭС»
Уметь:											
– рассчитать комплекс вспомогательного оборудования гидроэнергетической установки;	ПК-4 ИД-4пк-4				X						Тест: «Методика расчёта вспомогательного оборудования ГЭС»
– делать выводы по итогам выполнения расчётного задания;	ПК-4 ИД-4пк-4							X			Тест: «Технико-экономические показатели»
– сопоставлять конкурентные варианты устройств вспомогательного оборудования и выбирать наилучший.	ПК-4 ИД-4пк-4		X	X	X	X					Тест: «Задачи проектирования»

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 «Исходные данные»
2. Тест «Вспомогательное оборудование ГЭУ»
3. Тест «Расчётные параметры»
4. Тест «Характеристики основного и вспомогательного оборудования ГЭУ»
5. Тест «Гидрологические характеристики ГЭС»
6. Тест «Методика расчёта вспомогательного оборудования ГЭС»
7. Тест «Технико-экономические показатели»
8. Тест «Задачи проектирования»

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

8 семестр

Экзамен.

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В приложение к диплому выносится оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Дудченко Л.Н. Вспомогательное оборудование гидроэлектростанций. – М: Изд. дом МЭИ, 2011,
2. Дудченко Л.Н. Автоматическое регулирование частоты и активной мощности в энергосистеме гидроагрегатами ГЭС. –М: Изд. дом МЭИ, 2008
3. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций. Том 1, 2. Справочное пособие. /Под ред. Ю.С. Васильева. М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Гидроэнергетика Учеб. для вуза, / Под ред. В.И Обрезкова.- 2-е изд., перераб. и доп., - М.: Энергоатомиздат, 1988.
5. Кожевников Н.Н. Механическое оборудование гидроэлектростанций. М.: Высшая школа, 1981.

6. Фрейшист А.Р., Мартенсон И.В., Розина И.Д. Повышение надежности механического оборудования и стальных конструкций гидротехнических сооружений. М.: Энергоатомиздат, 1987.

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

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