

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Гидроэнергетика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.01.14</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>3 семестр - 8 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>3 семестр - 8 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>3 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 160,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>3 семестр - 1,5 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>3 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дружинин А.А.
	Идентификатор	R91403597-DruzhininAA-1bcc47d9

А.А. Дружинин

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пугачев Р.В.
	Идентификатор	Rf46e5256-PugachevRV-eb46307e

Р.В. Пугачев

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шестопалова Т.А.
	Идентификатор	Rca486bb1-ShestopalovaTA-2b9205

Т.А.  
Шестопалова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении основ рабочего процесса в гидротурбине и конструктивных особенностей ее рабочих органов

### Задачи дисциплины

- знакомство обучающихся с основами рабочего процесса, условиями подобия и моделирования гидротурбин;
- изучение методов пересчета основных энергетических параметров модельных гидротурбин на их натурные прототипы и построения для них эксплуатационных характеристик;
- освоение методики выбора основных расчетных параметров, выполнение гидравлических расчетов и техническая разработка рабочих органов проточной части гидротурбины применительно к условиям конкретных ГЭС.

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
РПК-3 Способен понимать общие принципы построения и функционирования систем автоматического управления	ИД-1 <sub>РПК-3</sub> Демонстрирует понимание принципов построения и функционирования систем автоматического управления	знать: - основные источники научно-технической информации по гидротурбинам; - основы рабочего процесса гидротурбины и ее отдельных рабочих органов.  уметь: - рассчитать и построить эксплуатационную характеристику натурной гидротурбины для условий конкретной ГЭС; - выполнить пересчет с учетом масштабного эффекта, характеристик модельной гидротурбины на их натурные прототипы; - сделать обоснованный выбор класса, системы и типа гидротурбины на заданные параметры ГЭС.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Гидроэнергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Состояние и перспективы развития гидроэнергетики России	18.4	3	1.0	-	1.0	-	0.2	-	0.2	-	16	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 18-31</p>
1.1	Гидроэнергетический потенциал России	9.2		0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-	
1.2	Основные направления развития гидромашиностроения	9.2		0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-	
2	Энергетическая классификация гидротурбин	18.4		1.0	-	1.0	-	0.2	-	0.2	-	16	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 238-245 [3], стр. 3-15</p>
2.1	Виды гидравлических машин и основные рабочие параметры	9.2		0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-	
2.2	Классификация гидротурбин	9.2		0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-	
3	Основы рабочего процесса и основные рабочие органы реактивных гидротурбин	49.2		3.0	-	2.5	-	0.7	-	0.5	-	42.5	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.10-12</p>
3.1	Основные рабочие органы гидротурбин	9.2		0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-	
3.2	Кинематика потока в проточной части	10.3		1	-	0.5	-	0.2	-	0.1	-	8.5	-	
3.3	Регулирование	9.2		0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-	

	расхода													
3.4	Комбинаторные режимы поворотной лопастной гидротурбины	9.3	0.5	-	0.5	-	0.2	-	0.1	-	8	-		
3.5	Потери в гидротурбинах и масштабный эффект	11.2	0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	10	-		
4	Характеристики, номенклатура и выбор гидротурбин на заданные параметры ГЭС	39.5	2.0	-	2.5	-	0.6	-	0.4	-	34	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], стр.13-18 [2], стр. 201-227</p>	
4.1	Теоретические характеристики гидротурбин	9.2	0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-		
4.2	Основы подобия и моделирования	9.3	0.5	-	0.5	-	0.2	-	0.1	-	8	-		
4.3	Энергетические модельные испытания	9.2	0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-		
4.4	Кавитация в гидротурбинах	11.8	0.5	-	1	-	0.2	-	0.1	-	10	-		
5	Особые режимы работы гидромашин	18.5	1.0	-	1.0	-	0.3	-	0.2	-	16	-		
5.1	Принцип обратимости гидромашин	9.3	0.5	-	0.5	-	0.2	-	0.1	-	8	-		
5.2	Круговая диаграмма	9.2	0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-		
	Экзамен	36.00	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.70		
	Всего за семестр	180.00	8.0	-	8.0	-	2.0	-	1.5	0.3	124.5	35.70		
	Итого за семестр	180.00	8.0	-	8.0	2.0		1.5	0.3		160.20			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Состояние и перспективы развития гидроэнергетики России*

##### 1.1. Гидроэнергетический потенциал России

Цели и задачи курса. Классификация и распределение гидроэнергетического потенциала России. Степень освоения экономического гидроэнергетического потенциала в целом и по регионам России.

##### 1.2. Основные направления развития гидромашиностроения

Основные приоритеты развития гидроэнергетики. Создание маневренных мощностей на ГАЭС. Перспективы использования приливной энергии.

#### *2. Энергетическая классификация гидротурбин*

##### 2.1. Виды гидравлических машин и основные рабочие параметры

Признаки классификации гидротурбин. Особенности преобразования энергии потока в механическую энергию на валу у реактивных и активных гидротурбин. Основные рабочие параметры гидротурбин. Принципиальные схемы реактивных и активных гидротурбин.

##### 2.2. Классификация гидротурбин

Области использования по напору гидротурбин различных классов и систем. Номенклатура крупных реактивных гидротурбин: осевых, диагональных и радиально-осевых. Принцип построения номенклатурного ряда по используемому напору.

#### *3. Основы рабочего процесса и основные рабочие органы реактивных гидротурбин*

##### 3.1. Основные рабочие органы гидротурбин

Гипотеза осевой симметрии потока в проточной части гидротурбины. Структура потока в рабочих органах гидротурбины. Основное уравнение гидротурбин.

##### 3.2. Кинематика потока в проточной части

Основы моделирования в гидротурбинах при отсутствии кавитации. Условия подобия параметров потока в сходственных режимах работы модельной и натурной гидротурбин. Приведенные величины. Коэффициент быстроходности, как обобщенная характеристика основных свойств гидротурбин различных классов и систем.

##### 3.3. Регулирование расхода

Способы регулирования расхода и мощности в гидротурбинах. Условия формирования комбинаторных режимов поворотно-лопастных гидротурбин.

##### 3.4. Комбинаторные режимы поворотно-лопастной гидротурбины

Турбинные камеры (ТК). Классификация ТК и области их применения. Выбор расчетных параметров и формы меридианного сечения спиральной ТК. Направляющий аппарат (НА) гидротурбины. Назначение и виды НА. Рабочие колеса реактивных гидротурбин. Схемы рабочих колес гидротурбин различных систем.

##### 3.5. Потери в гидротурбинах и масштабный эффект

Рабочий процесс отсасывающей трубы. Коэффициент восстановления. Потери энергии в отсасывающих трубах.

#### 4. Характеристики, номенклатура и выбор гидротурбин на заданные параметры ГЭС

##### 4.1. Теоретические характеристики гидротурбин

Обзор современных лабораторных установок для исследования рабочего процесса модельных гидротурбин. Методика проведения энергетических испытаний модельных гидротурбин.

##### 4.2. Основы подобия и моделирования

Выбор гидротурбины на заданные параметры ГЭС. Пересчет гидравлического КПД модельной гидротурбины на ее натуральный прототип. Определение рабочих параметров натурной гидротурбины.

##### 4.3. Энергетические модельные испытания

Получение данных, необходимых для построения универсальных пропеллерных и комбинаторных характеристик модельных гидротурбин.

##### 4.4. Кавитация в гидротурбинах

Кавитация в гидротурбинах. Условия её возникновения и методы предотвращения. Виды кавитации, стадии ее развития и последствия. Основное уравнение кавитации. Коэффициенты кавитации установки и турбины. Методы определения коэффициента кавитации турбины. Определение допустимой высоты отсасывания гидротурбины на заданные условия ГЭС.

#### 5. Особые режимы работы гидромашин

##### 5.1. Принцип обратимости гидромашин

Принцип обратимости гидромашин и основные параметры насосного и турбинного режимов. Режимы работы гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). Схемы основного оборудования ГАЭС – четырехмашинная, трехмашинная и двухмашинная схемы. Условия подбора обратимой гидромашин по напору.

##### 5.2. Круговая диаграмма

Круговая диаграмма реактивной гидромашин и её применение для изучения особых режимов работы гидроагрегата.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Кинематика потока в рабочем колесе осевого типа;
2. Оптимизированный выбор натурального агрегата на заданные параметры ГЭС;
3. Пересчет гидравлического КПД модели на ее натуральный прототип;
4. Выбор гидротурбины на заданные параметры ГЭС по энергетическим и кавитационным показателям модели;
5. Кинематика потока в рабочем колесе радиально-осевого типа;
6. Выбор типа гидротурбины на заданные параметры ГЭС.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделу Состояние и перспективы развития гидроэнергетики России
2. Обсуждение материалов по разделу Энергетическая классификация гидротурбин
3. Обсуждение материалов по разделу Основы рабочего процесса и основные рабочие органы реактивных гидротурбин
4. Обсуждение материалов по разделу Характеристики, номенклатура и выбор гидротурбин на заданные параметры ГЭС
5. Обсуждение материалов по разделу Особые режимы работы гидромашин

### **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	4	5	
<b>Знать:</b>							
основы рабочего процесса гидротурбины и ее отдельных рабочих органов	ИД-1РПК-3					+	Тестирование/Оценка знаний по основным разделам курса
основные источники научно-технической информации по гидротурбинам	ИД-1РПК-3	+					Тестирование/Основные понятия гидроэнергетики
<b>Уметь:</b>							
сделать обоснованный выбор класса, системы и типа гидротурбины на заданные параметры ГЭС	ИД-1РПК-3				+		Контрольная работа/Сравнение вариантов гидротурбин
выполнить пересчет с учетом масштабного эффекта, характеристик модельной гидротурбины на их натурные прототипы	ИД-1РПК-3		+				Контрольная работа/Выбор типа гидротурбины
рассчитать и построить эксплуатационную характеристику натурной гидротурбины для условий конкретной ГЭС	ИД-1РПК-3			+			Контрольная работа/Определение параметров потока в рабочем колесе

## **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: Компьютерное задание

1. Основные понятия гидроэнергетики (Тестирование)
2. Оценка знаний по основным разделам курса (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Выбор типа гидротурбины (Контрольная работа)
2. Определение параметров потока в рабочем колесе (Контрольная работа)
3. Сравнение вариантов гидротурбин (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №3)*

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

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. Борисов Б. П.- "Гидравлический расчет гидропередачи", Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2010 - (32 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52168;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52168)
2. Кривченко, Г. И. Гидравлические машины. Турбины и насосы : Учебник для гидротехнических специальностей вузов / Г. И. Кривченко . – 2-е изд., перераб . – М. : Энергоатомиздат, 1983 . – 320 с.;
3. Орахелашвили, Б. М. Выбор гидротурбин для ГЭС и разработка схемы гидроагрегата : методическое пособие по курсу "Основное энергетическое оборудование" по направлениям "Электроэнергетика" и "Энергомашиностроение" / Б. М. Орахелашвили, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 24 с..

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования	Ж-417 /2а, Помещение для	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и

и учебного инвентаря	инвентаря	курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования
----------------------	-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Гидравлические машины

(название дисциплины)

## 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Основные понятия гидроэнергетики (Тестирование)  
 КМ-2 Выбор типа гидротурбины (Контрольная работа)  
 КМ-3 Определение параметров потока в рабочем колесе (Контрольная работа)  
 КМ-4 Сравнение вариантов гидротурбин (Контрольная работа)  
 КМ-5 Оценка знаний по основным разделам курса (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	6	9	12	16
1	Состояние и перспективы развития гидроэнергетики России						
1.1	Гидроэнергетический потенциал России		+				
1.2	Основные направления развития гидромашиностроения		+				
2	Энергетическая классификация гидротурбин						
2.1	Виды гидравлических машин и основные рабочие параметры			+			
2.2	Классификация гидротурбин			+			
3	Основы рабочего процесса и основные рабочие органы реактивных гидротурбин						
3.1	Основные рабочие органы гидротурбин				+		
3.2	Кинематика потока в проточной части				+		
3.3	Регулирование расхода				+		
3.4	Комбинаторные режимы поворотно-лопастной гидротурбины				+		
3.5	Потери в гидротурбинах и масштабный эффект				+		
4	Характеристики, номенклатура и выбор гидротурбин на заданные параметры ГЭС						
4.1	Теоретические характеристики гидротурбин					+	

4.2	Основы подобия и моделирования				+	
4.3	Энергетические модельные испытания				+	
4.4	Кавитация в гидротурбинах				+	
5	Особые режимы работы гидромашин					
5.1	Принцип обратимости гидромашин					+
5.2	Круговая диаграмма					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20