

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


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.18
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	3 семестр - 8 часов;
Практические занятия	3 семестр - 12 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 156,2 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	3 семестр - 1,5 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орахелашвили Б.М.
	Идентификатор	Rd5ae6c88-OrakhelashvBM-6133e8

(подпись)

Б.М.


Орахелашвили

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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


(подпись)

Р.В. Пугачев

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

Т.А.

Шестопалова

(расшифровка подписи)

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
ПК-3 способен эксплуатировать технические средства автоматизированных систем управления технологическим процессом	ИД-1 _{ПК-3} Обходы и осмотры оборудования	знать: - основы рабочего процесса гидротурбины и ее отдельных рабочих органов.
ПК-3 способен эксплуатировать технические средства автоматизированных систем управления технологическим процессом	ИД-2 _{ПК-3} Контроль технического состояния оборудования в соответствии с заданным режимом работы	уметь: - анализировать рабочие характеристики различных вариантов гидротурбин применительно к условиям конкретной ГЭС.
ПК-3 способен эксплуатировать технические средства автоматизированных систем управления технологическим процессом	ИД-3 _{ПК-3} Контроль и учет неисправностей в оборудовании в процессе эксплуатации	знать: - условия и методы пересчета основных параметров модельных гидротурбин на их натурные прототипы применительно к условиям конкретных ГЭС.
ПК-3 способен эксплуатировать технические средства автоматизированных систем управления технологическим процессом	ИД-4 _{ПК-3} Оформление в специализированной программе случаев неправильной работы оборудования	уметь: - выполнить пересчет с учетом масштабного эффекта, характеристик модельной гидротурбины на их натурные прототипы.
ПК-3 способен эксплуатировать технические средства автоматизированных систем управления технологическим процессом	ИД-5 _{ПК-3} Сбор данных о дефектах, выявленных в процессе эксплуатации оборудования	уметь: - сделать обоснованный выбор класса, системы и типа гидротурбины на заданные параметры ГЭС.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
систем управления технологическим процессом		
ПК-3 способен эксплуатировать технические средства автоматизированных систем управления технологическим процессом	ИД-бпк-3 Сбор информации о работе оборудования при авариях и нарушениях нормального режима работы	знать: - основные источники научно-технической информации по гидротурбинам.

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><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	19.4		1.0	-	2	-	0.2	-	0.2	-	16	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 238-245 [3], стр. 3-15</p>
2.1	Виды гидравлических машин и основные рабочие параметры	9.7		0.5	-	1	-	0.1	-	0.1	-	8	-	
2.2	Классификация гидротурбин	9.7		0.5	-	1	-	0.1	-	0.1	-	8	-	
3	Основы рабочего процесса и основные рабочие органы реактивных гидротурбин	49.2		3.0	-	4.5	-	0.7	-	0.5	-	40.5	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.10-12</p>
3.1	Основные рабочие органы гидротурбин	9.7		0.5	-	1	-	0.1	-	0.1	-	8	-	
3.2	Кинематика потока в проточной части	10.8		1	-	1	-	0.2	-	0.1	-	8.5	-	
3.3	Регулирование	9.7		0.5	-	1	-	0.1	-	0.1	-	8	-	

	расхода													
3.4	Комбинаторные режимы поворотной лопастной гидротурбины	9.8	0.5	-	1	-	0.2	-	0.1	-	8	-		
3.5	Потери в гидротурбинах и масштабный эффект	9.2	0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-		
4	Характеристики, номенклатура и выбор гидротурбин на заданные параметры ГЭС	38.0	2.0	-	3.0	-	0.6	-	0.4	-	32	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></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 подбора и моделирования	9.8	0.5	-	1	-	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	9.8	0.5	-	1	-	0.2	-	0.1	-	8	-		
5	Особые режимы работы гидромашин	19.0	1.0	-	1.5	-	0.3	-	0.2	-	16	-		
5.1	Принцип обратимости гидромашин	9.8	0.5	-	1	-	0.2	-	0.1	-	8	-		
5.2	Круговая диаграмма	9.2	0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[3], стр. 20-23</p>	
	Экзамен	36.00	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	35.70		
	Всего за семестр	180.00	8.0	-	12.0	-	2.0	-	1.5	0.3	120.5	35.70		
	Итого за семестр	180.00	8.0	-	12.0	2.0	1.5	0.3			156.20			

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 поворотного-лопастных гидротурбин.

3.4. Комбинаторные режимы поворотного-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 натурный 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. Выбор типа гидротурбины на заданные параметры ГЭС;
2. Кинематика потока в рабочем колесе осевого типа;
3. Кинематика потока в рабочем колесе радиально-осевого типа;
4. Выбор гидротурбины на заданные параметры ГЭС по энергетическим и кавитационным показателям модели;
5. Пересчет гидравлического КПД модели на ее натурный прототип;
6. Оптимизированный выбор натурального агрегата 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	
Знать:							
основы рабочего процесса гидротурбины и ее отдельных рабочих органов	ИД-1ПК-3	+					Тестирование/Основные понятия гидроэнергетики
условия и методы пересчета основных параметров модельных гидротурбин на их натурные прототипы применительно к условиям конкретных ГЭС	ИД-3ПК-3	+					Тестирование/Основные понятия гидроэнергетики
основные источники научно-технической информации по гидротурбинам	ИД-6ПК-3					+	Тестирование/Оценка знаний по основным разделам курса
Уметь:							
анализировать рабочие характеристики различных вариантов гидротурбин применительно к условиям конкретной ГЭС	ИД-2ПК-3		+				Контрольная работа/Выбор типа гидротурбины
выполнить пересчет с учетом масштабного эффекта, характеристик модельной гидротурбины на их натурные прототипы	ИД-4ПК-3			+			Контрольная работа/Определение параметров потока в рабочем колесе
сделать обоснованный выбор класса, системы и типа гидротурбины на заданные параметры ГЭС	ИД-5ПК-3				+		Контрольная работа/Сравнение вариантов гидротурбин

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»

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;
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;
3. Windows;
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. 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-303, 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 и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и 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