

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОПАСТНЫХ
ГИДРОМАШИН

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.11
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	3 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 34 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 93,2 часа;
в том числе на КП/КР	3 семестр - 59,7 часа;
Иная контактная работа	3 семестр - 4 часа;
включая: Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсового проекта	3 семестр - 0,4 часа;
Экзамен	3 семестр - 0,4 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волков А.В.
	Идентификатор	R369593e9-VolkovAV-775a725f

А.В. Волков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

Б.М.
Орахелашвили

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волков А.В.
	Идентификатор	R369593e9-VolkovAV-775a725f

А.В. Волков

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: формирование у студентов углубленных профессиональных знаний в области исследования и проектирования лопастных гидромашин на современном конкурентоспособном уровне

Задачи дисциплины

- формирование у студентов навыков в области моделирования гидродинамических процессов в лопастных гидромашинах;
- обеспечение полной возможности применения ими современных методов расчета гидродинамических показателей насосов и гидротурбин;
- освоение обучающимися методов обеспечения целевых функций и повышения гидродинамических качеств гидротурбин и динамических насосов;
- освоение студентами основных особенностей использования современных представлений об использовании природоподобных технологий для проектирования лопастных гидромашин.

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-1 Способность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	ИД-1 _{ПК-1} Использует теоретические и экспериментальные методы научных исследований	знать: - методы математического моделирования рабочих процессов в проточных частях и лопастных гидромашин и основные способы экспериментальных исследований данных объектов; - методы оптимизации, в том числе многомерные, проектирования лопастных гидромашин с оптимизированными показателями качества. уметь: - формировать физико-математические модели гидродинамики лопастных гидромашин; - применять существующие подходы использования природоподобных технологий при создании конкурентоспособных гидромашин.
ПК-3 Способность использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-1 _{ПК-3} Использует теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности повышенной эффективности	знать: - общие закономерности применения природоподобных технологий для повышения показателей качества и работоспособности лопастных гидромашин; - общие закономерности физических процессов, определяющие гидродинамические характеристики, работоспособность и показатели качества лопастных гидромашин.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - производить вполне обоснованные оценки определяемых показателей качества вновь спроектированных гидромашин с учетом особенностей функционирования конкретных технологических линий и циклов; - применять основополагающие знания механики текучих сред и её применение к гидродинамической теории лопастных машин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основания теории механики жидкости и газа
- знать физические свойства текучих сред
- знать принятые гипотезы при описании движений жидкостей и газов
- знать определяющие закономерности гидродинамического действия решеток профилей применительно к лопастным гидромашинам
- знать существо рабочего процесса рабочих органов гидротурбин и динамических насосов различных систем и типов
- знать особенности конструктивных исполнений гидромашин в зависимости рабочих параметров и объектов эксплуатации
- уметь применять усвоенные знания в научно-исследовательской деятельности при анализе работоспособности и показателей качества в 1D-3D постановках
- уметь осуществлять проектные разработки и структурно-параметрический синтез рабочих органов ЛГМ с достаточным приближением к конкурентоспособному их представлению
- уметь знания, полученные по освоению дисциплины, результаты образования, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы

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	Сложность конструкций и характера течений в лопастных гидротурбинах и насосах	9	3	3	-	6	-	-	-	-	-	-	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Сложность конструкций и характера течений в лопастных гидротурбинах и насосах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Сложность конструкций и характера течений в лопастных гидротурбинах и насосах "</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Сложность конструкций и характера течений в лопастных гидротурбинах и насосах энергетического машиностроения"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 117-126 [4], 37-49</p>
1.1	Системный подход при исследовании и проектировании лопастных гидромашин (ЛГМ).	9		3	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Современные требования к характеристикам ЛГМ на основе особенностей эксплуатации энергетических	10		3	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-

	Курсовой проект (КП)	96.1		-	-	-	32	-	4	-	0.4	59.7	-	
	Всего за семестр	180.0		16	-	32	32	2	4	-	0.8	59.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0		16	-	32	34		4		0.8	93.2		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Сложность конструкций и характера течений в лопастных гидротурбинах и насосах

1.1. Системный подход при исследовании и проектировании лопастных гидромашин (ЛГМ).

Оценить в ранжированном представлении сложность конструкций мощных ЛГМ и пространственно-временной характер движения рабочего тела в их проточных частях. Функционал качества по энергетическим и кавитационным качествам гидротурбин и насосов. Оценить по степени влияния на работоспособность ЛГМ, выход из строя основных узлов гидроагрегатов. Влияние новых технических решений при создании электрических машин на облик создаваемых гидромашин.. Проверка первой части РГР "Верификация использования расчетных пакетов Ansys и Flow Vision на примере сравнения результатов расчетных и экспериментальных исследований течения в трубе и обтекания пластины".

2. Современные требования к характеристикам ЛГМ на основе особенностей эксплуатации энергетических объектов

2.1. Влияние особенностей эксплуатации ЛГМ на конструкцию и параметры гидроагрегатов

Основные причины различия конструктивных решений применяемого насосного оборудования для ТЭЦ и систем водоснабжения. Сопоставление прогнозных показателей надежности, ресурса и энергоэффективности инновационных гидроагрегатов для ГЭС и ГАЭС. Оценить влияние водно-химического режима энергообъекта на требуемые кавитационные качества насосного агрегата. Осуществить ранжирование основных направлений конструктивных изменений проточной части ЛГМ при адаптации гидромашин к конкретным условиям эксплуатации.. Проверка второй части РГР "Верификация использования расчетных пакетов Ansys и Flow Vision на примере сравнения результатов расчетных и экспериментальных исследований течения в трубе и обтекания пластины".

3. Развитие методов гидродинамического исследования и синтеза рабочих органов ЛГМ. Прямые и обратные задачи.

3.1. Развитие физико-математических моделей гидродинамики ЛГМ

На примере использования расчетных пакетов Ansys, показать особенности построения расчетной сетки из условия минимизации времени расчета одной итерации и показать преимущества и недостатки использования различных форм расчетной сетки. Дать системно обусловленную оценку областей применения одно 1D-, двух 2D-, трех 3 D- мерных постановок при исследовании гидродинамических свойств ЛГМ, в зависимости от быстроходности гидромашин. Модели турбулентности, используемые в пакетах Ansys и Flow Vision.. Проверка третьей части РГР "Верификация использования расчетных пакетов Ansys и Flow Vision на примере сравнения результатов расчетных и экспериментальных исследований течения в трубе и обтекания пластины".

4. Локальные и глобальные численные методы расчета течений в ЛГМ

4.1. Развитие физико-математических моделей гидродинамики ЛГМ

На примере использования расчетных пакетов Ansys, показать особенности построения расчетной сетки из условия минимизации времени расчета одной итерации и показать преимущества и недостатки использования различных форм расчетной сетки. Дать системно обусловленную оценку областей применения одно 1D-, двух 2D-, трех 3 D- мерных

постановок при исследовании гидродинамических свойств ЛГМ, в зависимости от быстроходности гидромашин. Модели турбулентности, используемые в пакетах Ansys и Flow Vision.. Проверка четвертой части РГР "Верификация использования расчетных пакетов Ansys и Flow Vision на примере сравнения результатов расчетных и экспериментальных исследований течения в трубе и обтекания пластины".

5. Проектирование биологически безопасных гидромашин для объектов гидроэнергетики

5.1. Оценка степени конкурентоспособности нетрадиционных технических решений для ЛГМ

Для центробежного насоса с гетерогенной лопастной системой, для заданных индивидуальных значений параметров РК, построить треугольники скоростей на входе и выходе из лопастной системы для трех режимов работы соответствующих Q_{max} , Q_{opt} , Q_{min} . Преимущества и недостатки микротурбин с водоводом в виде сифона выбрать один вариант схемного исполнения указав основные преимущества выбранного решения. Осуществить качественную оценку оптимизированных показателей надежности и долговечности питательного насоса для функционирования в составе энергоблока на сверхкритические параметры пара, ($t = 6200C$). Роль природоподобных технологий в повышении энергоэффективности ЛГМ. Оформить отчет по РГР с включением табличных форм и графических иллюстраций объемом 10-12 стр.

3.3. Темы практических занятий

1. Реализация машинного эксперимента по определению гидродинамических свойств рабочих колес ЛГМ на основе 3D гидродинамического метода МЭИ (DGEP., PTNCL, VISC);
2. Анализ повреждаемости насосного оборудования энергетических объектов;
3. Проведение машинного эксперимента для анализа и оптимизационного лопастных систем рабочих колес ЛГМ в 3D постановке с использование Flow Vision и Ansys;
4. Численный расчет канонических областей с использование пакетов Flow Vision и Ansys;
5. Качественный анализ специфики и степени совершенства проточных ЛГМ различного назначения, пространственный и нестационарный характер течения в проточных частях ЛГМ;
6. Подготовка исходной геометрической информации для решения 3D гидродинамического метода МЭИ (DGEP., PTNCL, VISC);
7. Качественный анализ инновационных решений для ЛГМ энергетического машиностроения;
8. Подготовка исходной пространственной геометрической информации для тестовых расчетов канонических областей типа : труба, пластина.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела

"Сложность конструкций и характера течений в лопастных гидротурбинах и насосах энергетического машиностроения"

2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Современные требования к характеристикам ЛГМ на основе особенностей эксплуатации энергетических объектов"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Развитие методов гидродинамического исследования и синтеза рабочих органов ЛГМ. Прямые и обратные задачи."

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Развитие методов гидродинамического исследования и синтеза рабочих органов ЛГМ. Прямые и обратные задачи."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Локальные и глобальные численные методы расчета течений в ЛГМ"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Проектирование биологически безопасных гидромашин для объектов гидроэнергетики"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Сложность конструкций и характера течений в лопастных гидротурбинах и насосах энергетического машиностроения"
2. Консультации проводятся по разделу "Современные требования к характеристикам ЛГМ на основе особенностей эксплуатации энергетических объектов"
3. Консультации проводятся по разделу "Развитие методов гидродинамического исследования и синтеза рабочих органов ЛГМ. Прямые и обратные задачи."
4. Консультации проводятся по разделу "Локальные и глобальные численные методы расчета течений в ЛГМ"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Сложность конструкций и характера течений в лопастных гидротурбинах и насосах энергетического машиностроения"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Современные требования к характеристикам ЛГМ на основе особенностей эксплуатации энергетических объектов"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Развитие методов гидродинамического исследования и синтеза рабочих органов ЛГМ. Прямые и обратные задачи."

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

3 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Проточная часть на основе насоса КМ 40-32-200 Тип гидромашинны - Насос $H = 50$ м; $Q = 12,5$ м³/час; $n = 3000$ об/мин; $D1/D2=100\%$; $b1/b2=100\%$
- $H = 50$ м; $Q = 12,5$ м³/час; $n = 2700$ об/мин; $D1/D2=100\%$; $b1/b2=90\%$
- $H = 50$ м; $Q = 12,5$ м³/час; $n = 2400$ об/мин; $D1/D2=90\%$; $b1/b2=100\%$
- $H = 50$ м; $Q = 12,5$ м³/час; $n = 2100$ об/мин; $D1/D2=90\%$; $b1/b2=80\%$
- $H = 50$ м; $Q = 12,5$ м³/час; $n = 1800$ об/мин; $D1/D2=80\%$; $b1/b2=70\%$
- Тип гидромашинны – гидротурбина $H = 32$ м; $Q = 12,5$ м³/час; $n = 3000$ об/мин; $D1/D2=100\%$; $b1/b2=100\%$.

- $H = 32$ м; $Q = 12,5$ м³/час; $n = 3000$ об/мин; $D1/D2=90\%$; $b1/b2=90\%$
- $H = 32$ м; $Q = 12,5$ м³/час; $n = 3000$ об/мин; $D1/D2=80\%$; $b1/b2=80\%$
- $H = 32$ м; $Q = 12,5$ м³/час; $n = 3000$ об/мин; $D1/D2=70\%$; $b1/b2=70\%$
- $H = 32$ м; $Q = 12,5$ м³/час; $n = 3000$ об/мин; $D1/D2=90\%$; $b1/b2=80\%$

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Изучить основы физико-математической модели интегральных представлений и уравнений для решения прямой 3-D-гидродинамической задачи для лопастных систем и специфику ее применения к ЛГМ согласно конкретному курсовому заданию
2	Освоить структуру и алгоритмическое содержание комплекса программ для численного решения 3D задачи
3	Освоить и реализовать для конкретной лопастной системы методику задания исходных данных
4	По расчетным данным исследовать гидродинамические качества данной решетки

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:							
методы оптимизации, в том числе многомерные, проектирования лопастных гидромашин с оптимизированными показателями качества	ИД-1пк-1		+				Тестирование/Влияние особенностей эксплуатации ЛГМ на конструкцию и параметры гидроагрегатов. Описать математическую модель каждого из используемого расчетных пакетов. Осуществить расчетные исследования по верификации используемых расчетных пакетов с данными физического эксперимента
методы математического моделирования рабочих процессов в проточных частях и лопастных гидромашин и основные способы экспериментальных исследований данных объектов	ИД-1пк-1	+					Тестирование/Системный подход при исследовании и проектировании лопастных гидромашин. Подготовить 3D модель трубы и пластины по индивидуальным данным
общие закономерности физических процессов, определяющие гидродинамические характеристики, работоспособность и показатели качества лопастных гидромашин	ИД-1пк-3				+	+	Тестирование/Оценка степени конкурентоспособности нетрадиционных технических решений для ЛГМ. Оформить отчет с включением табличных форм и графических иллюстраций объемом 10-12 стр
общие закономерности применения природоподобных технологий для повышения показателей качества и работоспособности лопастных гидромашин	ИД-1пк-3			+			Тестирование/Развитие физико-математических моделей гидродинамики ЛГМ. Сопоставить результаты расчетов и физического эксперимента, в случае необходимости сделать коррекцию расчетной сетки
Уметь:							
применять существующие подходы использования природоподобных технологий при создании конкурентоспособных гидромашин	ИД-1пк-1	+					Тестирование/Системный подход при исследовании и проектировании лопастных гидромашин. Подготовить 3D модель трубы и пластины по индивидуальным данным

формировать физико-математические модели гидродинамики лопастных гидромашин	ИД-1пк-1			+			Тестирование/Влияние особенностей эксплуатации ЛГМ на конструкцию и параметры гидроагрегатов. Описать математическую модель каждого из используемого расчетных пакетов. Осуществить расчетные исследования по верификации используемых расчетных пакетов с данными физического эксперимента	
применять основополагающие знания механики текучих сред и её применение к гидродинамической теории лопастных машин	ИД-1пк-3				+		Тестирование/Развитие физико-математических моделей гидродинамики ЛГМ. Сопоставить результаты расчетов и физического эксперимента, в случае необходимости сделать коррекцию расчетной сетки	
производить вполне обоснованные оценки определяемых показателей качества вновь спроектированных гидромашин с учетом особенностей функционирования конкретных технологических линий и циклов	ИД-1пк-3					+	+	Тестирование/Оценка степени конкурентоспособности нетрадиционных технических решений для ЛГМ. Оформить отчет с включением табличных форм и графических иллюстраций объемом 10-12 стр

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: Письменная работа

1. Влияние особенностей эксплуатации ЛГМ на конструкцию и параметры гидроагрегатов. Описать математическую модель каждого из используемого расчетных пакетов. Осуществить расчетные исследования по верификации используемых расчетных пакетов с данными физического эксперимента (Тестирование)
2. Оценка степени конкурентоспособности нетрадиционных технических решений для ЛГМ. Оформить отчет с включением табличных форм и графических иллюстраций объемом 10-12 стр (Тестирование)
3. Развитие физико-математических моделей гидродинамики ЛГМ. Сопоставить результаты расчетов и физического эксперимента, в случае необходимости сделать коррекцию расчетной сетки (Тестирование)
4. Системный подход при исследовании и проектировании лопастных гидромашин. Подготовить 3D модель трубы и пластины по индивидуальным данным (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Итоговая оценка выставляется по итогам промежуточной аттестации

Курсовой проект (КП) (Семестр №3)

Прибавление баллов промежуточной аттестации и текущей для получения итоговой оценки

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. Численное решение прямой трехмерной гидродинамической задачи для исследования и проектирования лопастных систем гидромашин : Учебное пособие по курсам "Гидродинамическая теория решеток", "Исследование и проектирование лопастных гидромашин", "Компьютерные технологии в науке и образовании", "Вычислительная гидромеханика" по специальности "Гидравлические машины, гидропривод и гидропневмоавтоматика" / Г. М. Моргунов, В. М. Горбань, С. Н. Панкратов, А. В. Волков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 52 с. - ISBN 5-7046-0744-6 .;
2. Флетчер, К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. В 2 т. Т.1. Основные положения и общие методы : пер. с англ. / К. Флетчер . – 1991 . – 504 с. - ISBN 5-03-001881-6 .;
3. Флетчер, К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. В 2 т. Т. 2. Методы расчета различных течений : пер. с англ. / К. Флетчер . – 1991 . – 552 с. - ISBN 5-03-001882-4 .;

4. Волков К. Н., Емельянов В. Н.- "Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2008 - (368 с.)
https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49083.

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. Антиплагиат ВУЗ.

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>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Г-102(а), Мультимедийный класс	парта со скамьей, стол преподавателя, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Г-102(а), Мультимедийный класс	парта со скамьей, стол преподавателя, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Г-102(а), Мультимедийный класс	парта со скамьей, стол преподавателя, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
Помещения для самостоятельной работы	Г-205/2, Кабинет сотрудников каф. "ГГМ"	кресло рабочее, стеллаж, стул, шкаф, шкаф для документов, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, холодильник

Помещения для консультирования	Г-219/2, Преподавательская	кресло рабочее, стол преподавателя, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, многофункциональный центр, компьютер персональный, холодильник, кондиционер
	Г-208, Преподавательская	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Г-05, Мастерская каф. "ГГМ"	стеллаж для хранения инвентаря

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Исследование и проектирование лопастных гидромашин

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Системный подход при исследовании и проектировании лопастных гидромашин. Подготовить 3D модель трубы и пластины по индивидуальным данным (Тестирование)
- КМ-2 Влияние особенностей эксплуатации ЛГМ на конструкцию и параметры гидроагрегатов. Описать математическую модель каждого из используемого расчетных пакетов. Осуществить расчетные исследования по верификации используемых расчетных пакетов с данными физического эксперимента (Тестирование)
- КМ-3 Развитие физико-математических моделей гидродинамики ЛГМ. Сопоставить результаты расчетов и физического эксперимента, в случае необходимости сделать коррекцию расчетной сетки (Тестирование)
- КМ-4 Оценка степени конкурентоспособности нетрадиционных технических решений для ЛГМ. Оформить отчет с включением табличных форм и графических иллюстраций объемом 10-12 стр (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Сложность конструкций и характера течений в лопастных гидротурбинах и насосах					
1.1	Системный подход при исследовании и проектировании лопастных гидромашин (ЛГМ).		+			
2	Современные требования к характеристикам ЛГМ на основе особенностей эксплуатации энергетических объектов					
2.1	Влияние особенностей эксплуатации ЛГМ на конструкцию и параметры гидроагрегатов			+		
3	Развитие методов гидродинамического исследования и синтеза рабочих органов ЛГМ. Прямые и обратные задачи.					
3.1	Развитие физико-математических моделей гидродинамики ЛГМ				+	
4	Локальные и глобальные численные методы расчета течений в ЛГМ					
4.1	Развитие физико-математических моделей гидродинамики ЛГМ					+
5	Проектирование биологически безопасных гидромашин для объектов гидроэнергетики					
5.1	Оценка степени конкурентоспособности нетрадиционных технических решений для ЛГМ					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Исследование и проектирование лопастных гидромашин

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Контрольная поверка освоения подготовки 3D моделей канонических областей
- КМ-2 Контрольная проверка расчетных исследований канонических областей
- КМ-3 Подготовка 3D моделей гидротурбин или насоса для расчетных исследований
- КМ-4 Анализ результатов расчетных исследований с использованием FLOW VISIN и ANSYS

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Изучить основы физико-математической модели интегральных представлений и уравнений для решения прямой 3-D-гидродинамической задачи для лопастных систем и специфику ее применения к ЛГМ согласно конкретному курсовому заданию		+			
2	Освоить структуру и алгоритмическое содержание комплекса программ для численного решения 3D задачи			+		
3	Освоить и реализовать для конкретной лопастной системы методику задания исходных данных				+	
4	По расчетным данным исследовать гидродинамические качества данной решетки					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25