

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РЕШЕТОК**

<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.06</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>6 семестр - 28 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>6 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 85,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Семинар</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>6 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2021**

## 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	Почернина Н.И.
	Идентификатор	R1d8f33d8-PocherninaNI-bbd4793f

(подпись)

Н.И. Почернина

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

А.В. Волков

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основных законов течения и взаимодействия потока жидкости с рабочими органами гидравлических машин

### Задачи дисциплины

- ознакомление обучающихся с устройством, принципом действия, способами и методами расчета основных рабочих органов лопастных энергетических машин и аппаратов, особенностями их статических характеристик и областями применения;
- получение информации о математических методах и приемах, применяемых при проектировании элементов гидравлических машин;
- освоение методов расчета основных параметров рабочих органов лопастных гидромашин;
- приобретение навыков решения прикладных гидравлических задач.

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 Способен к конструкторской деятельности в сфере автоматизированных гидравлических и пневматических систем и агрегатов	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности	знать: - основной физико-математический аппарат; - методы анализа и моделирования теоретического исследования при проектировании основных элементов гидравлических машин.  уметь: - применять основной физико-математический аппарат; - методы анализа и моделирования и теоретического исследования при проектировании основных элементов гидравлических машин; использовать теоретические основы рабочих процессов при расчетах энергетических машин, аппаратов и установок.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать дифференциальное, интегральное исчисления, последовательности и ряды, теорию функций комплексных переменных
- знать фундаментальные физические законы движения жидкостей; различные модели реальных потоков жидкостей
- знать физические основы механики
- уметь применять физико-математические методы для решения практических задач
- уметь самостоятельно разбираться в методиках математических расчётов
- уметь обрабатывать и анализировать результаты

- уметь использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Общие закономерности течения жидкости в каналах гидромашин	44.8	6	12	-	12	-	-	-	-	-	20.8	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умения решения профессиональных задач. Задание выдается студенту по изученному в разделе материалу. Проверка и оценка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Для подготовки и освоения материала необходимо изучить основные теоретические законы гидродинамики</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 1-32 [4], гл. 2</p>
1.1	Общие закономерности течения жидкости в каналах гидромашин	22.4		6	-	6	-	-	-	-	-	10.4	-	
1.2	Гидродинамические особенности проточной части насосов и гидротурбин.	22.4		6	-	6	-	-	-	-	-	10.4	-	
2	Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части	22.4		6	-	6	-	-	-	-	-	10.4	-	
2.1	Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части	22.4	6	-	6	-	-	-	-	-	10.4	-	<p>Задания ориентированы на решения задач по разделу "Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных</u></b></p>	

												<b><u>источников:</u></b> [1], § 6-12 [2], 1-32 [4], гл. 3	
3	Подобие и моделирование в лопастных гидромашинах	22.4	6	-	6	-	-	-	-	-	10.4	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Подобие и моделирование в лопастных гидромашинах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях. Подготовка к контрольной работе
3.1	Подобие и моделирование в лопастных гидромашинах	22.4	6	-	6	-	-	-	-	-	10.4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 1-32 [3], гл. 3
4	Характеристики гидромашин	18.4	4	-	4	-	-	-	-	-	10.4	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется проектирование лопасти осевой гидротурбины. Задание выполняется индивидуально по вариантам. Подготовка к промежуточной аттестации
4.1	Характеристики гидромашин	18.4	4	-	4	-	-	-	-	-	10.4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 1-32 [4], гл. 3
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2.0	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	28	-	28	-	2.0	-	-	0.5	52.0	33.5	
	Итого за семестр	144.0	28	-	28		2.0		-	0.5		85.5	

**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. Общие закономерности течения жидкости в каналах гидромашин

##### 1.1. Общие закономерности течения жидкости в каналах гидромашин

Законы изменения количества движения и момента количества движения, их применение для определения силы и момента воздействия стационарного потока жидкости на стенки неподвижных и вращающихся каналов гидромашин. Закон сохранения энергии. Закон изменения кинетической энергии для ограниченного объема жидкости в произвольном канале гидромашин. Уравнение переноса механической энергии через замкнутую ограниченную поверхность. Гидравлический момент и гидравлическая мощность на рабочем колесе. Общие выражения для теоретического напора и основного уравнения гидромашин. Физические представления об обтекании лопастных систем. Приближенная модель течения невязкой жидкости в решетке лопастей. Уравнение связи циркуляций для различных видов гидродинамических решеток. Уравнения движения и неразрывности в криволинейной ортогональной системе координат. Основные положения одномерной теории. Методы построения потенциального осесимметричного течения..

##### 1.2. Гидродинамические особенности проточной части насосов и гидротурбин.

Общая классификация лопастных гидромашин. Кинематические параметры потока в рабочем колесе. Модель струйного течения. Изменение механической энергии жидкости в рабочем колесе. Классификация подводов, рабочих колес и отводов насосов и гидротурбин. Понятия удельных энергий входа и выхода, напора, расхода, мощности, гидравлического и полного КПД.

#### 2. Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части

##### 2.1. Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части

Теорема Жуковского о подъемной силе для профиля прямой решетки. Применение метода конформных отображений для решения задач обтекания двумерных решеток. Решетка прямых пластин и круговая решетка из отрезков логарифмических спиралей. Произвольная круговая вращающаяся решетка. Интегральные уравнения для комплексной скорости, комплексного потенциала и касательной составляющей скорости. Гидродинамические параметры решеток. Распределение скорости и давления на профилях насосных и турбинных решеток и их зависимость от геометрических параметров и режима обтекания. Гидродинамическая сила, действующая на профиль решетки. Коэффициенты подъемной силы и момента и их зависимость от геометрических параметров и от режима обтекания..

#### 3. Подобие и моделирование в лопастных гидромашин

##### 3.1. Подобие и моделирование в лопастных гидромашин

Физические основы подобия течений в неподвижных и вращающихся рабочих органах. Критерии подобия и их физический смысл. Необходимые и достаточные условия подобия. Основы теории размерности. Теорема Бэкингема и её следствия. Безразмерные комплексы для рабочих параметров гидромашин и их анализ. Постановка задач моделирования. Модель и натура. Полное и частичное геометрическое, кинематическое и динамическое подобие модели и природы. Формулы подобия для насосов, и гидротурбин. Пересчет характеристик. Масштабный эффект..

#### 4. Характеристики гидромашин

#### 4.1. Характеристики гидромашин

Теоретические характеристики лопастных насосов. Теоретический напор насоса и его зависимость от геометрии подвода и рабочего колеса, а также от режима работы. Теоретические характеристики напора, момента и мощности. Баланс энергии в насосе. Гидравлический, объемный и механический КПД. Потери в подводе, в рабочем колесе и в отводе, их зависимость от режима работы. Зависимость напора, мощности и КПД от режима работы насоса. Теоретические характеристики гидравлической турбины. Особенности течения в спиральной камере и направляющем аппарате. Теоретические характеристики расхода, момента и мощности и их зависимость от режима работы. Баланс энергии в гидротурбине. Гидравлический, объемный и механический КПД. Гидравлические потери в рабочем колесе, спиральной камере, направляющем аппарате и отсасывающей трубе и их зависимость от режима работы..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Определение параметров потока центробежного насоса;
2. Определение параметров потока радиально-осевой гидротурбины;
3. Определение гидродинамических параметров прямой неподвижной решетки;
4. Определение гидродинамических параметров круговой неподвижной решетки;
5. Определение гидродинамических параметров прямой движущейся решетки;
6. Определение гидродинамических параметров круговой вращающейся решетки;
7. Контрольная работа;
8. Определение силового взаимодействия потока и профиля в прямой подвижной решетке;
9. Расчет и построение теоретической характеристики центробежного насоса;
10. Определение силового взаимодействия потока и профиля в круговой вращающейся решетке;
11. Применение законов подобия для проектирования гидромашин;
12. Определение параметров потока осевой гидротурбины;
13. Определение силового взаимодействия потока и неподвижной решетки;
14. Определение параметров потока осевого насоса.

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Углубленное разъяснение теоретических положений курса.
2. Обсуждение материалов по разделу "Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части"
3. Обсуждение материалов по разделу "Подобие и моделирование в лопастных гидромашин"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Характеристики гидромашин"

#### Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

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 "Характеристики гидромашин"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Общие закономерности течения жидкости в каналах гидромашин"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Подобие и моделирование в лопастных гидромашинах". Контрольная работа
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Характеристики 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	
<b>Знать:</b>						
методы анализа и моделирования теоретического исследования при проектировании основных элементов гидравлических машин	ИД-3ПК-1	+				Семинар/Общие закономерности течения жидкости в каналах гидромашин
основной физико-математический аппарат	ИД-3ПК-1			+		Семинар/Подобие и моделирование в лопастных гидромашинах
<b>Уметь:</b>						
методы анализа и моделирования и теоретического исследования при проектировании основных элементов гидравлических машин; использовать теоретические основы рабочих процессов при расчетах энергетических машин, аппаратов и установок	ИД-3ПК-1		+			Семинар/Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части
применять основной физико-математический аппарат	ИД-3ПК-1				+	Семинар/Характеристики гидромашин

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**6 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Общие закономерности течения жидкости в каналах гидромашин (Семинар)
2. Подобие и моделирование в лопастных гидромашинах (Семинар)
3. Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части (Семинар)
4. Характеристики гидромашин (Семинар)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Экзамен (Семестр №6)

Итоговая оценка определяется по итогам текущего контроля успеваемости и экзаменационной оценки

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

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

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

1. Емцев, Б. Т. Техническая гидромеханика : учебник для вузов по специальности "Гидравлические машины и средства автоматизации" / Б. Т. Емцев . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987 . – 440 с.;
2. Козлов С. Н., Петров А. И.- "Расчет радиальных и осевых сил в центробежных насосах: Метод. указания к курсовому и дипломному проектированию по курсу «Теория и расчет лопастных гидромашин»", Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2008 - (32 с.) [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52113](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52113);
3. Викторов, Г. В. Учебное пособие по курсу "Теория лопастных гидромашин": Подобие и моделирование в гидромашинах / Г. В. Викторов ; Ред. В. С. Квятковский ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1980 . – 85 с.;
4. Викторов, Г. В. Учебное пособие по курсу "Теория лопастных гидромашин": Общие основы теории / Г. В. Викторов ; Ред. О. А. Вербицкая ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1978 . – 87 с..

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

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Майнд Видеоконференции;
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](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	А-312, Учебная аудитория "А"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	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

## Гидродинамическая теория решеток

(название дисциплины)

## 6 семестр

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

КМ-1 Общие закономерности течения жидкости в каналах гидромашин (Семинар)

КМ-2 Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части (Семинар)

КМ-3 Подобие и моделирование в лопастных гидромашин (Семинар)

КМ-4 Характеристики гидромашин (Семинар)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	11	14
1	Общие закономерности течения жидкости в каналах гидромашин					
1.1	Общие закономерности течения жидкости в каналах гидромашин		+			
1.2	Гидродинамические особенности проточной части насосов и гидротурбин.		+			
2	Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части					
2.1	Силовое воздействие потока жидкости на элементы проточной части			+		
3	Подобие и моделирование в лопастных гидромашин					
3.1	Подобие и моделирование в лопастных гидромашин				+	
4	Характеристики гидромашин					
4.1	Характеристики гидромашин					+
Вес КМ, %:			20	20	30	30