

**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**  
**ЛОПАСТНЫЕ НАСОСЫ**

<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.12</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 6; 8 семестр - 2; всего - 8
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	288 часа
<b>Лекции</b>	7 семестр - 48 часа;
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 48 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 14 часов; всего - 16 часов
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 117,5 часов; 8 семестр - 53,7 часа; всего - 171,2 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	8 семестр - 53,7 часа;
<b>Иная контактная работа</b>	8 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> Решение задач Расчетно-графическая работа Домашнее задание Контрольная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	7 семестр - 0,5 часа;
<b>Защита курсового проекта</b>	8 семестр - 0,3 часа; всего - 0,8 часа

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лямасов А.К.
	Идентификатор	R851cb861-LiamasovAK-02175ef6

(подпись)

А.К. Лямасов

(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:** Цель освоения дисциплины состоит в изучении параметров, характеристик и конструкций лопастных насосов, вопросов их эксплуатации, гидродинамики рабочего процесса в элементах проточной части и методик расчета и проектирования этих элементов.

### Задачи дисциплины

- изучение типов, параметров, характеристик, конструктивных особенностей и областей применения лопастных насосов;
- ознакомление с основными проблемами, возникающими при эксплуатации лопастных насосов в обслуживаемых гидросистемах, и способах их разрешения с оценкой их энергетической и экономической эффективности;
- формирование представлений о кавитационных процессах, освоение методик выполнения расчетов по обеспечению бескавитационной работы лопастных насосов во всех режимах эксплуатации в конкретных гидросистемах;
- ознакомление с современными способами повышения антикавитационных качеств насосов;
- ознакомление с целями и методами испытаний лопастных насосов, оборудованием испытательных стендов и приобретение практических навыков проведения испытаний;
- приобретение навыков разработки технических заданий на проектирование новых насосов;
- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при расчете и проектировании всех элементов проточной части и других узлов лопастных насосов в процессе выполнения курсового проекта.

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-1 <sub>ПК-1</sub> Разрабатывает техническую документацию в соответствии с требованиями ЕСКД, в том числе с использованием современных систем автоматизированного проектирования	знать: - основные требования и стандарты ЕСКД к оформлению технической документации элементов и сборочных единиц лопастных насосов.  уметь: - представлять техническую документацию на лопастные насосы в соответствии с требованиями ЕСКД.
ПК-1 Способен к конструкторской деятельности в сфере автоматизированных гидравлических и пневматических систем и агрегатов	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	знать: - теоретические основы рабочих процессов в лопастных насосах и других энергетических машинах и установках.  уметь: - проводить выбор, расчет и анализ рабочих характеристик и режимов работы лопастных насосов.
ПК-1 Способен к конструкторской	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Выполняет расчеты элементов объектов	знать: - способы и методы расчета основных

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
деятельности в сфере автоматизированных гидравлических и пневматических систем и агрегатов	профессиональной деятельности	элементов лопастных насосов различных типов.  уметь: - проводить гидравлические и прочностные расчеты основных элементов лопастных насосов на основе известных методик и закономерностей.
ПК-2 Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании автоматизированных гидравлических и пневматических систем и агрегатов	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует понимание влияния условий работы объекта профессиональной деятельности на принимаемые конструкционные решения	знать: - типы лопастных насосов, области их назначения и принцип действия гидромашин в целом.  уметь: - проводить выбор насоса и его привода, оптимизированный по инвестиционным и эксплуатационным затратам при работе в данной гидросистеме.
ПК-2 Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании автоматизированных гидравлических и пневматических систем и агрегатов	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Принимает обоснованные технические решения при создании объекта профессиональной деятельности	знать: - основные исполнения элементов проточной части лопастных насосов.  уметь: - принимать и обосновывать конкретные технические решения при разработке лопастных насосов, обеспечивающих их высокую эффективность и эксплуатационные качества.

## 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.

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 8 зачетных единиц, 288 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 сведения о лопастных насосах	28	7	8	-	8	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b>                      Определение напора насоса по показаниям приборов.  <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> 1. Будов В.М. Насосы АЭС. Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 408 с - 1- ая глава                      2. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы. Учебник для машиностроительных вузов □ Башта Т.М., Руднев С.С. и др. -М.: Машиностроение, 1982. -423 с. - § 2.9-2.18  <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>                      [3], 1-16                      [8], 2-10</p>
1.1	Классификация насосов по основным критериям	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Лопастные насосы	10		3	-	3	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Подобие режимов работы лопастных насосов	10		3	-	3	-	-	-	-	-	4	-	
2	Некоторые вопросы эксплуатации лопастных насосов	24		4	-	8	-	-	-	-	-	12	-	
2.1	Виды гидросистем	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> 1. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы. Учебник для машиностроительных вузов □ Башта Т.М., Руднев С.С. и др. -М.: Машиностроение, 1982. -423 с. - § 2.9-2.18 2. Гидравлика, гидромашин и гидропневмопривод. Учебное пособие./Под.ред. Стесина С.П. – М.: Изд. Центр "Академия". 2005. 3. Панкратов С.Н. Выбор насоса и анализ его работы в гидросистеме. Учебное пособие. МЭИ. 2015. - 37 с.</p>	
2.2	Рабочий режим насоса	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-		
2.3	Пуск насоса	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-		
2.4	Регулирование подачи	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-		

													<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Сборник задач по гидравлике для мехнических вузов. Учебное пособие./под ред. И.И. Куколевского, Л.Г. Подвидза. – 6-е изд. М.: Изд-во МГТУ, 2009. – 486 с. - § 14 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 17-26	
3	Конструкции лопастных насосов и основы их проектирования	28	8	-	8	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Лопастные насосы. Справочник. Зимницкий В.А., Каплун А.В., Папир А.Н., Умов В.А./ Под общ. ред. Зимницкого В.А. и Умова В.А. - Л.: Машиностроение, 1986. -334 с. - гл. 6-8 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 6-16 [5], 52-260
3.1	Лопастной насос как технический объект (система), его надсистемы и подсистемы	8	2	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-	
3.2	Типоразмер лопастного насоса и его рабочее поле	10	3	-	3	-	-	-	-	-	-	4	-	
3.3	Основы проектирования насосов	10	3	-	3	-	-	-	-	-	-	4	-	
4	Кавитация в насосах	26	6	-	8	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Лопастные насосы. Справочник. Зимницкий В.А., Каплун А.В., Папир А.Н., Умов В.А./ Под общ. ред. Зимницкого В.А. и Умова В.А. - Л.: Машиностроение, 1986. -334 с. - §2.19- 2.20 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 2-5 [8], 16-30
4.1	Явление кавитации, её физическая сущность	6	1	-	2	-	-	-	-	-	-	3	-	
4.2	Кавитационные запасы: располагаемый, критический, допустимый	6	1	-	2	-	-	-	-	-	-	3	-	
4.3	Условия и способы обеспечения бескавитационной работы насоса	7	2	-	2	-	-	-	-	-	-	3	-	
4.4	Способы повышения антикавитационных свойств насосов	7	2	-	2	-	-	-	-	-	-	3	-	
5	Испытания насосов и	24	4	-	8	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Проведение исследований:</u></b> Панкратов С.Н.

	испытательные стенды												Энергетические и кавитационные испытания центробежного насоса. Лабораторные работы по курсу □ Лопастные насосы.- М.: Изд-во МЭИ, 1988. - 20 с.
5.1	Задачи и основные виды испытаний лопастных насосов	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
5.2	Кавитационные испытания насосов	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	[4], 280-320
6	Рабочее колесо (РК). 2D физическая модель потока	16	6	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Рабочее колесо (РК). 2D физическая модель потока." Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод. Учебное пособие./Под.ред. Стесина С.П. – М.: Изд. Центр "Академия". 2005. - § 2.1-2.8
6.1	2D физическая модель потока	8	3	-	1	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Расчет характеристик гидросистемы и выбор насоса для нее
6.2	Кинематика потока в каналах РК в расчётном и нерасчётных режимах	8	3	-	1	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
7	Расчет и проектирование проточной части РК на основе 2D физической модели. Определение осевой силы	16	6	-	2	-	-	-	-	-	8	-	[4], 116-240
7.1	Гидравлический расчёт рабочего колеса	8	3	-	1	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчет и проектирование проточной части РК на основе 2D физической модели. Определение осевой силы." Вербицкая О.А. Методические указания по курсовому проектированию по курсу «Лопастные насосы и насосные станции». М.: Изд-во МЭИ. 1980. – 24 с.
7.2	Осевая сила, действующая на РК	8	3	-	1	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
8	Отводы и подводы. Спиральные отводы – расчет и проектирование	18	6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	[2], 10-36 [7], 2-28
													<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Машин А.Н. Профилирование проточной части рабочих колес центробежных насосов. Учеб. пособие.

8.1	Отводы	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	М.: Изд-во МЭИ. 1976. – 56 с. Машин А.Н. Расчет и проектирование спирального отвода и полуспирального подвода центробежного насоса. Учеб. пособие. М.: Изд-во МЭИ. 1980. – 44 с <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 26-32 [6], 4-32 [7], 10-16
8.2	Потери энергии в отводе и их роль в балансе энергии насоса	5		2	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
8.3	Радиальные силы, действующие на РК со стороны спирального отвода	5		2	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
8.4	Подводы	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>216.0</b>		<b>48</b>	-	<b>48</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>84</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>216.0</b>		<b>48</b>	-	<b>48</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>84</b>	<b>33.5</b>	<b>117.5</b>	
	Курсовой проект (КП)	72.0	8	-	-	-	14	-	4	-	0.3	53.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>72.0</b>		-	-	-	<b>14</b>	-	<b>4</b>	-	<b>0.3</b>	<b>53.7</b>	-	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>72.0</b>		-	-	-	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>0.3</b>	<b>53.7</b>	<b>53.7</b>	<b>53.7</b>	<b>53.7</b>	
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	-	<b>48</b>	-	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>0.8</b>	<b>171.2</b>	<b>171.2</b>	<b>171.2</b>	<b>171.2</b>	

**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 сведения о лопастных насосах

#### 1.1. Классификация насосов по основным критериям

Насосы для перемещения жидкостей и газов. Насосы-машины и насосы-аппараты. Водоподемники, объемные и динамические насосы. Классификация насосов по назначению.

#### 1.2. Лопастные насосы

Определение, основные достоинства, области применения. Краткий исторический очерк, перспективы развития. Основные технические параметры. Характеристики насосов. Область целесообразного использования (рабочая зона) насоса.

#### 1.3. Подобие режимов работы лопастных насосов

Условия подобия. Пересчет характеристик с "модели" на "натуру" и при изменении скорости вращения. Масштабный эффект, его причины и способы учёта. Коэффициент быстроходности как критерий подобия и классификации насосов, его влияние на геометрию проточной части, на форму характеристик и на другие показатели.

### 2. Некоторые вопросы эксплуатации лопастных насосов

#### 2.1. Виды гидросистем

Элементы гидросистем и их характеристики. Характеристика простой гидросистемы.

#### 2.2. Рабочий режим насоса

Устойчивая и неустойчивая работа насоса в гидросистеме. Условие устойчивой работы. Помпаж и способы его предотвращения.

#### 2.3. Пуск насоса

Необходимость заливки насоса перед пуском.

#### 2.4. Регулирование подачи

Основные способы ее осуществления и их оценка по технико-экономическим показателям.

### 3. Конструкции лопастных насосов и основы их проектирования

#### 3.1. Лопастной насос как технический объект (система), его надсистемы и подсистемы

Разнообразие перекачиваемых насосами жидкостей, условий работы, предъявляемых требований. Основные узлы и детали насосов. Типы конструктивного исполнения насосов общего назначения: консольные, с рабочим колесом двустороннего всасывания, вертикальные, осевые, диагональные, многоступенчатые со спиральными отводами и секционные с направляющими аппаратами. Моноблочные насосные агрегаты. Линейные насосы. Конструктивные схемы, диапазоны использования по параметрам, маркировка.

#### 3.2. Типоразмер лопастного насоса и его рабочее поле

Основы и способы образования полей Q-H. Сводный график рабочих полей и теоретические основы его построения. Стандартизация и унификация лопастных насосов. Отечественные и международные стандарты.

### 3.3. Основы проектирования насосов

Исходное задание и его анализ. Выбор типа насоса и его привода. Подготовка технического задания, его содержание. Проектирование с использованием модельного насоса. Подбор и использование насосов-аналогов. Определение гидравлического КПД проектируемого насоса. Основные этапы проектирования нового насоса. Взаимосвязи лопастных насосов с другими лопаточными машинами.

## 4. Кавитация в насосах

### 4.1. Явление кавитации, её физическая сущность

Виды и стадии кавитации. Проявления кавитации в насосах.

### 4.2. Кавитационные запасы: располагаемый, критический, допустимый

Зависимость критического кавитационного запаса от геометрии входных элементов проточной части и режима работы насоса.

### 4.3. Условия и способы обеспечения бескавитационной работы насоса

Подобие кавитационных явлений. Характеристика всасывающей способности насоса, её пересчёт с "модели" на "натуру" и при изменении скорости вращения. Масштабный эффект. Коэффициенты кавитации и С. Формула С.С. Руднева, её практическое использование.

### 4.4. Способы повышения антикавитационных свойств насосов

Влияние геометрии подвода и входных элементов проточной части рабочего колеса. Оптимальные размеры рабочего колеса на входе. Влияние «проходного» вала. Шнеко-центробежные насосы. Другие конструктивные решения.

## 5. Испытания насосов и испытательные стенды

### 5.1. Задачи и основные виды испытаний лопастных насосов

Испытательные стенды и их приборное оборудование. Методика проведения и обработки результатов энергетических испытаний на стендах с замкнутым контуром.

### 5.2. Кавитационные испытания насосов

Способы изменения кавитационного запаса. Методы обнаружения кавитации. Методика испытаний. Кавитационные характеристики.

## 6. Рабочее колесо (РК). 2D физическая модель потока

### 6.1. 2D физическая модель потока

Основные понятия и термины. Расчётный режим. Физическая модель двумерного (2D) потока жидкости в рабочем колесе. Согласование расчетных и экспериментальных данных.

### 6.2. Кинематика потока в каналах РК в расчётном и нерасчётных режимах

Обратные течения и тормозные потери на малых расходах. Недоворот потока на выходе и скос потока на входе. Влияние количества лопастей на кинематику потока, напор насоса и потери энергии. Влияние выходных углов лопастей на напор, гидравлические потери, КПД, на формы напорной и мощностной характеристик насоса. Рекомендации по выбору количества лопастей и выходных углов. Вторичные и отрывные течения в РК.

## 7. Расчет и проектирование проточной части РК на основе 2D физической модели.

### Определение осевой силы

#### 7.1. Гидравлический расчёт рабочего колеса

Определение основных размеров РК центробежного насоса на основе статистических данных и их уточнение проверкой развиваемого напора. Проектирование проточной части РК.

#### 7.2. Осевая сила, действующая на РК

Распределение давления в боковых камерах РК без учета влияния утечек. Определение суммарной осевой силы. Зависимость осевой силы от давления на входе в насос.

## 8. Отводы и подводы. Спиральные отводы – расчет и проектирование

#### 8.1. Отводы

Назначение и виды отводов. Требования, предъявляемые к отводам. Спиральные отводы. Физическая модель течения в отводе. Форма отвода в плане. Формы поперечных сечений спиральной части. Основное уравнение спиральной камеры и его использование при определении конфигурации сечений. Расчёт и проектирование отвода с тангенциальным выходом. Особенности проектирования отвода с радиальным выходом.

#### 8.2. Потери энергии в отводе и их роль в балансе энергии насоса

Влияние спирального отвода на положение оптимального режима на характеристике насоса. Луч отвода. Влияние подрезки рабочего колеса на характеристики насоса.

#### 8.3. Радиальные силы, действующие на РК со стороны спирального отвода

Двухзавитковые спирали. Спиральные камеры с перегородкой. Возможные варианты взаимного расположения спиральных камер в многоступенчатых насосах.

#### 8.4. Подводы

Назначение подводов. Требования, предъявляемые к подводам. Виды осевых и боковых подводов: области применения, степень удовлетворения предъявляемым требованиям.

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

1. Определение параметров насоса при регулировании подачи дросселированием и изменением скорости вращения ротора. Расчет экономии энергии при регулировании вторым способом. (В случае выбора двух насосов дополнительно рассмотреть применение каскадного способа регулирования);
2. Построение характеристик насоса при изменении скорости вращения;
3. Энергетические испытания центробежного насоса;
4. Определение параметров работы насоса в конкретной гидросистеме;
5. Определение основных размеров рабочего колеса выбранного насоса;
6. Насосной лаборатория и оборудование испытательных стендов;
7. Определение напора насосов по показаниям приборов.;
8. Определение предельно допустимой отметки расположения насоса из условия его бескавитационной работы во всех режимах эксплуатации;
9. Изучение конструкций лопастных насосов;
10. Выбор насоса (в некоторых случаях – двух одинаковых насосов) с оптимальными технико-экономическими показателями для работы в данной гидросистеме;
11. Расчет подводов и отводов;

12. Расчет и построение характеристики гидросистемы при заданных (трех) режимах эксплуатации. Определение параметров расчетных режимов гидросистемы.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие сведения о лопастных насосах"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Некоторые вопросы эксплуатации лопастных насосов"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Конструкции лопастных насосов и основы их проектирования"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Кавитация в насосах"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Испытания насосов и испытательные стенды"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Рабочее колесо (РК). 2D физическая модель потока"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет и проектирование проточной части РК на основе 2D физической модели. Определение осевой силы"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Отводы и подводы. Спиральные отводы – расчет и проектирование"

### **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	6	7	8		
<b>Знать:</b>											
основные требования и стандарты ЕСКД к оформлению технической документации элементов и сборочных единиц лопастных насосов	ИД-1ПК-1	+									Решение задач/Расчет напора насоса по показаниям приборов
теоретические основы рабочих процессов в лопастных насосах и других энергетических машинах и установках	ИД-2ПК-1		+								Решение задач/Подобие режимов работы лопастных насосов. Условия подобия. Пересчет характеристик при изменении скорости вращения
способы и методы расчета основных элементов лопастных насосов различных типов	ИД-3ПК-1			+							Расчетно-графическая работа/РГР – Раздел №1 «Выбор насоса для заданной гидросистемы»
типы лопастных насосов, области их назначения и принцип действия гидромашин в целом	ИД-1ПК-2				+	+					Расчетно-графическая работа/РГР - Раздел №2 «Анализ работы насоса и определение параметров его эксплуатации в конкретной гидросистеме»
основные исполнения элементов проточной части лопастных насосов	ИД-3ПК-2							+	+		Домашнее задание/Расчет параметров рабочего колеса лопастного насоса
<b>Уметь:</b>											
представлять техническую документацию на лопастные насосы в соответствии с требованиями ЕСКД	ИД-1ПК-1	+									Решение задач/Расчет напора насоса по показаниям приборов
проводить выбор, расчет и анализ рабочих характеристик и режимов работы лопастных насосов	ИД-2ПК-1		+								Решение задач/Подобие режимов работы лопастных насосов. Условия подобия. Пересчет характеристик при изменении скорости вращения
проводить гидравлические и прочностные расчеты основных элементов лопастных	ИД-3ПК-1			+							Расчетно-графическая работа/РГР – Раздел №1 «Выбор насоса для заданной

насосов на основе известных методик и закономерностей										гидросистемы»
проводить выбор насоса и его привода, оптимизированный по инвестиционным и эксплуатационным затратам при работе в данной гидросистеме	ИД-1ПК-2				+	+				Расчетно-графическая работа/РГР - Раздел №2 «Анализ работы насоса и определение параметров его эксплуатации в конкретной гидросистеме»
принимать и обосновывать конкретные технические решения при разработке лопастных насосов, обеспечивающих их высокую эффективность и эксплуатационные качества	ИД-3ПК-2								+	Контрольная работа/Определение основных элементов проточной части лопастного насоса

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

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

**7 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Определение основных элементов проточной части лопастного насоса (Контрольная работа)
2. Подобие режимов работы лопастных насосов. Условия подобия. Пересчет характеристик при изменении скорости вращения (Решение задач)
3. Расчет напора насоса по показаниям приборов (Решение задач)
4. Расчет параметров рабочего колеса лопастного насоса (Домашнее задание)
5. РГР - Раздел №2 «Анализ работы насоса и определение параметров его эксплуатации в конкретной гидросистеме» (Расчетно-графическая работа)
6. РГР – Раздел №1 «Выбор насоса для заданной гидросистемы» (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №7)

На основе системы БАРС

Курсовой проект (КП) (Семестр №8)

На основании системы БАРС

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

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

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

1. Орахелашвили, Б. М. Проектирование центробежного насоса : методические указания к курсовому проектированию по направлению "Энергетическое машиностроение" по курсу "Лопастные насосы" / Б. М. Орахелашвили, А. К. Лямасов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 55 с.  
[http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10292;](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10292)
2. Машин, А. Н. Профилирование проточной части рабочих колес центробежных насосов / А. Н. Машин ; Ред. В. С. Квятковский ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1976 . – 54 с.;
3. Панкратов, С. Н. Выбор насоса и анализ его работы в гидросистеме. Часть 1. Конструктивные типы лопастных насосов и области их применения : учебное пособие по курсу "Лопастные насосы" по направлению "Энергетическое машиностроение" / С. Н. Панкратов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 52 с. - ISBN 978-5-7046-1709-9 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8113](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8113);

4. Ломакин, А. А. Центробежные и осевые насосы / А. А. Ломакин . – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1966 . – 364 с.;
5. Михайлов, А. К. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко . – М. : Машиностроение, 1977 . – 288 с.;
6. Машин, А. Н. Учебное пособие по курсу "Лопастные насосы и насосные станции": Расчет и проектирование спирального отвода и полуспирального подвода центробежного насоса / А. Н. Машин ; Ред. В. С. Квятковский ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1980 . – 44 с.;
7. 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);
8. Н. Е. Лаптева- "Центробежные насосы", Издательство: "Издательство Уральского университета", Екатеринбург, 2012 - (56 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239828>.

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
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	Ж-120, Машинный	сервер, кондиционер



для проведения промежуточной аттестации	зал ИВЦ	
	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

### Лопастные насосы

(название дисциплины)

#### 7 семестр

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

- КМ-1 Расчет напора насоса по показаниям приборов (Решение задач)
- КМ-2 Подobie режимов работы лопастных насосов. Условия подобия. Пересчет характеристик при изменении скорости вращения (Решение задач)
- КМ-3 РГР – Раздел №1 «Выбор насоса для заданной гидросистемы» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 РГР - Раздел №2 «Анализ работы насоса и определение параметров его эксплуатации в конкретной гидросистеме» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-5 Расчет параметров рабочего колеса лопастного насоса (Домашнее задание)
- КМ-6 Определение основных элементов проточной части лопастного насоса (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	2	4	7	11	13	15
1	Общие сведения о лопастных насосах							
1.1	Классификация насосов по основным критериям		+					
1.2	Лопастные насосы		+					
1.3	Подobie режимов работы лопастных насосов		+					
2	Некоторые вопросы эксплуатации лопастных насосов							
2.1	Виды гидросистем			+				
2.2	Рабочий режим насоса			+				
2.3	Пуск насоса			+				
2.4	Регулирование подачи			+				
3	Конструкции лопастных насосов и основы их проектирования							
3.1	Лопастной насос как технический объект (система), его надсистемы и подсистемы				+			
3.2	Типоразмер лопастного насоса и его рабочее поле				+			

3.3	Основы проектирования насосов			+			
4	Кавитация в насосах						
4.1	Явление кавитации, её физическая сущность				+		
4.2	Кавитационные запасы: располагаемый, критический, допустимый				+		
4.3	Условия и способы обеспечения бескавитационной работы насоса				+		
4.4	Способы повышения антикавитационных свойств насосов				+		
5	Испытания насосов и испытательные стенды						
5.1	Задачи и основные виды испытаний лопастных насосов				+		
5.2	Кавитационные испытания насосов				+		
6	Рабочее колесо (РК). 2D физическая модель потока						
6.1	2D физическая модель потока					+	
6.2	Кинематика потока в каналах РК в расчётном и нерасчётных режимах					+	
7	Расчет и проектирование проточной части РК на основе 2D физической модели. Определение осевой силы						
7.1	Гидравлический расчёт рабочего колеса					+	
7.2	Осевая сила, действующая на РК					+	
8	Отводы и подводы. Спиральные отводы – расчет и проектирование						
8.1	Отводы						+
8.2	Потери энергии в отводе и их роль в балансе энергии насоса						+
8.3	Радиальные силы, действующие на РК со стороны спирального отвода						+
8.4	Подводы						+
Вес КМ, %:		15	15	20	25	15	10

### 8 семестр

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

**Вид промежуточной аттестации – .**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:
---------------	-------------------	------------

		Неделя КМ:
		Вес КМ, %: