

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

Кафедра "Ракетно-космическая техника и энергетические системы"



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
техн. наук, проф.

Н. В. Лобов Н. В. Лобов

12 _____ 2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Лопастные гидромашинны»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»
(уровень бакалавриата)

| | |
|------------------------------------|--|
| Профиль программы бакалавриата | <u>Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты</u> |
| Квалификация (степень) выпускника: | <u>бакалавр</u> |
| Выпускающая кафедра: | <u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u> |
| Форма обучения: | <u>очная</u> |

Курс: 4 Семестр(-ы): 8

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч

Виды контроля:


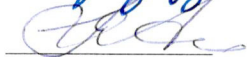
Экзамен: - нет Диф. зачёт: - 8 Курсовой проект: - 8 Курсовая работа: - нет

Пермь, 2016 г.


Учебно - методический комплекс дисциплины "Лопастные гидромашины" разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 1 октября 2015 г. номер приказа «1083» по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень бакалавриата);
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилю «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты», утверждённой 24 июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилю «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты», утвержденного 28 апреля 2016 г.


Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин "Механика жидкости и газа", "Термодинамика", "Техническая гидромеханика", "Пневматические системы", "Теоретические основы вибродиагностики", "Спецглавы объёмных гидромашин и объёмных гидрорепердач", "Техническая эксплуатация гидравлических и пневматических систем и агрегатов", "Спецглавы лопастных гидромашин", "Компьютерное моделирование процессов в гидравлических и пневматических системах", программой "Преддипломная практика", участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.


Разработчик канд. техн. наук, доц.  Е.А. Дундур
Рецензент канд. техн. наук, доц.  А.И. Квашнин


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «15» 11 2016 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой,
ведущей дисциплину,
«Ракетно-космическая техника и энергетические системы» д-р техн. наук, проф.  М.И. Соколовский

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «19» 12 2016 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии аэрокосмического факультета канд. техн. наук, доц.  Н.Е. Чигодаев

Согласовано:
Заведующий выпускающей кафедрой,
«Ракетно-космическая техника и энергетические системы» д-р техн. наук, проф.  М.И. Соколовский

Начальник управления образовательных программ, канд. техн. наук, доц.  Д. С. Репецкий

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области теории, расчёта и проектирования лопастных гидромашин.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет, углубляет и демонстрирует следующие компетенции:

- способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках (ОПК-3);
- способность учитывать при проектировании гидравлических машин, систем и агрегатов новые технологии изготовления их узлов и деталей, реальные условия и способы эксплуатации, а также экономические показатели (ПСК-1);

1.2 Задачи учебной дисциплины:

- **изучение** понятийного аппарата в области лопастных гидромашин; классификации, устройства, принципа действия, энергетических и кавитационных характеристик лопастных гидромашин; основных соотношений для расчёта конструкции лопастных гидромашин;
- **формирование умения** профилировать меридианные сечения и лопасти рабочих колёс центробежных насосов низкой быстроходности, проектировать подводящие и отводящие устройства;
- **формирование навыков** проекторочного и проверочного расчётов конструкции лопастных гидромашин.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- основные понятия, термины и определения в области лопастных гидромашин;
- классификация, принципы действия и сравнительная оценка конструктивных схем лопастных гидро машин: насосов и двигателей;
- нагрузки, действующие на конструкцию лопастной гидромашин;
- характеристики и коэффициенты полезного действия лопастных насосов и двигателей;
- соотношения, характеризующие особенности функционирования лопастных насосов в составе энергетической установки;

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина " Лопастные гидромашин" относится к *вариативной* части блока 1 Дисциплины (модули) и является *обязательной* дисциплиной при освоении ОПОП по *профилю* "Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты".

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие результаты:

- **знать:**

- назначение, классификацию, устройство и область применения лопастных гидромашин;
- роль лопастных гидромашин в обеспечении технологических процессов;
- разновидности конструктивных схем лопастных гидромашин, их особенности;
- нагрузки, действующие в конструкциях лопастных гидромашин;
- связь между конструктивными и энергетическими параметрами лопастных гидромашин;
- энергетические и кавитационные характеристики насосов;
- виды потерь энергии в лопастных гидромашинах; коэффициенты полезного действия: объёмный, гидравлический, механический;
- способы уплотнения неподвижных и подвижных элементов;
- физические ограничения в конструкциях лопастных гидромашин, пути совершенствования лопастных гидромашин;
- способы присоединения лопастной гидромашин к другим элементам и агрегатам;
- элементы и способы регулирования лопастных гидромашин.

- **уметь:**

- выполнять сравнительную оценку конструктивных схем лопастных гидравлических машин, выбирать с учётом достоинств и недостатков предпочтительную конструктивную схему для конкретного случая применения;
- определять конструктивные параметры по статистическим зависимостям;
- составлять уравнения сил и моментов, действующих на элементы конструкции лопастной гидромашин;
- рассчитывать размеры присоединительных элементов лопастной гидромашин;
- составить и провести презентацию конструкции лопастной гидромашин, обосновать принятые технические решения.

- **владеть:**

- методикой проектировочного и проверочного расчёта конструкции лопастной гидромашин;
- навыками выполнения эскизов элементов лопастных гидромашин;
- навыками выполнения сборочных чертежей и чертежей деталей лопастных гидромашин;
- методикой экспериментального определения энергетических и кавитационных характеристик лопастных гидромашин.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенции, заявленной в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

| Код | Наименование компетенции | Предшествующие дисциплины | Последующие дисциплины (группы дисциплин) |
|---|---|--|---|
| Общепрофессиональная компетенция | | | |
| ОПК-3 | способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках | Механика жидкости и газа; Термодинамика; Техническая гидромеханика; Пневматические системы; Теоретические основы вибродиагностики; Спецглавы объемных гидромашин и объемных гидропередач. | Техническая эксплуатация гидравлических и пневматических систем и агрегатов; Спецглавы лопастных гидромашин; Компьютерное моделирование процессов в гидравлических и пневматических системах. |
| Профильно-специализированная компетенция | | | |
| ПСК-1 | способность учитывать при проектировании гидравлических машин, систем и агрегатов новые технологии изготовления их узлов и деталей, реальные условия и способы эксплуатации, а также экономические показатели | | Преддипломная практика. |

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ОПК-3 и ПСК-1.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-3

| | |
|-----------------------------------|--|
| Код ОПК-3 | Формулировка компетенции Способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках |
| Код ОПК-3. Б1.В.10 | Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов лопастных гидромашин |

Требования к компонентному составу части компетенции ОПК-3

| Перечень компонентов | Виды учебной работы | Средства оценки |
|--|--|---|
| В результате освоения компетенции студент: | | |
| <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – соотношения между конструктивными и энергетическими параметрами лопастных гидромашин; – нагрузки, действующие в конструкциях лопастных гидромашин. | <p>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p> | <p>Вопросы контрольных работ текущего и рубежного контроля. Вопросы к диф. зачёту.</p> |
| <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выполнять сравнительную оценку конструктивных схем лопастных гидромашин, выбирать с учётом достоинств и недостатков предпочтительную конструктивную схему для конкретного случая применения; – определять конструктивные параметры по статистическим зависимостям; – составлять уравнения сил и моментов, действующих на элементы конструкции лопастной гидромашин. | <p>Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам)</p> | <p>Отчёт по лабораторным работам. Задания к практическим занятиям. Задания рубежных контрольных работ. Вопросы к диф. зачёту.</p> |
| <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методикой проектировочного и проверочного расчёта конструкции лопастной гидромашин; – навыками выполнения эскизов элементов лопастных гидромашин; – навыками выполнения сборочных чертежей и чертежей деталей лопастных гидромашин, в том числе с использованием информационных технологий. | <p>Курсовое проектирование Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов</p> | <p>Курсовой проект. Задания к практическим занятиям.</p> |

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПСК-1

| | |
|---------------------------|---|
| Код ПСК-1 | Формулировка компетенции |
| | Способность учитывать при проектировании гидравлических машин, систем и агрегатов новые технологии изготовления их узлов и деталей, реальные условия и способы эксплуатации, а также экономические показатели |
| Код ПСК-1. Б1.В.10 | Формулировка дисциплинарной части компетенции |
| | Способность учитывать при проектировании лопастных гидромашин новые материалы и технологии изготовления их узлов и деталей, реальные условия и способы эксплуатации, а также экономические показатели |

Требования к компонентному составу части компетенции ПСК-1

| Перечень компонентов | Виды учебной работы | Средства оценки |
|---|---|--|
| В результате освоения компетенции студент: | | |
| <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – классификацию, назначение, устройство, область применения и принцип действия известных конструкций лопастных гидромашин; – роль лопастных гидромашин в обеспечении технологических процессов; – разновидности конструктивных схем лопастных гидромашин, их особенности; – энергетические и кавитационные характеристики насосов; – виды потерь энергии в лопастных гидромашинах; коэффициенты полезного действия: объёмный, гидравлический, механический; – элементы и способы регулирования лопастных гидромашин; – физические ограничения в конструкциях лопастных гидромашин, пути совершенствования лопастных гидромашин; – способы уплотнения неподвижных и подвижных элементов конструкции; – способы присоединения лопастной гидромашин к другим элементам и агрегатам. | <p>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p> | <p>Вопросы контрольных работ текущего и рубежного контроля. Вопросы к диф. зачёту.</p> |
| <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – составить и провести презентацию конструкции лопастной гидромашин, обосновать принятые технические решения; – формулировать ответ оппоненту на защите своего проекта; – критически оценить технический доклад, презентацию конструкции и составить по ним вопросы докладчику; – анализировать новые технические решения и применять их в проектировании лопастных гидромашин; – рассчитывать размеры присоединительных элементов лопастной гидромашин. | <p>Курсовое проектирование. Самостоятельная работа студентов.</p> | <p>Задания рубежных контрольных работ. Защита курсового проекта</p> |
| <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методикой экспериментального определения энергетических и кавитационных характеристик лопастных гидромашин; – навыками поиска научно-технической информации; – навыками изобретательской деятельности. | <p>Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов.</p> | <p>Отчёт по лабораторным работам.</p> |

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объём дисциплины в зачётных единицах составляет 4 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся, указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

| № п.п. | Виды учебной работы | Трудоёмкость, ч | |
|--------|--|--------------------------|---------------------------------|
| | | 5 семестр | всего |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Аудиторная (контактная) работа | 62 | 62 |
| | - лекции (Л) | 24 | 24 |
| | - практические занятия (ПЗ) | 18 | 18 |
| | - лабораторные работы (ЛР) | 18 | 18 |
| 2 | Контроль самостоятельной работы (КСР) | 2 | 2 |
| 3 | Самостоятельная работа студентов (СРС) | 82 | 82 |
| | - изучение теоретического материала | 23 | 23 |
| | - подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам | 14 | 14 |
| | - подготовка отчётов по лабораторным работам | 4 | 4 |
| | - подготовка отчётов по практическим занятиям | 5 | 5 |
| | - курсовое проектирование | 36 | 36 |
| 4 | Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: <i>зачёт/экзамен</i> | Дифференцированный зачёт | Дифференцированный зачёт |
| 5 | Трудоёмкость дисциплины, всего: | | |
| | в часах (ч) | 144 | 144 |
| | в зачётных единицах (ЗЕ) | 4 | 4 |

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

| Номер учебного модуля | Номер раздела дисциплины | Номер темы дисциплины | Количество часов и виды занятий (очная форма обучения) | | | | | | | Трудоёмкость, ч / ЗЕ | |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|--|-----------|-----------|-----------|----------|-------------------|------------------------|----------------------|----|
| | | | аудиторная работа | | | | КСР | итоговый контроль | самостоятельная работа | | |
| | | | все-го | Л | ПЗ | ЛР | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | 1 | Введение | 1 | 1 | – | – | – | | | 1 | 2 |
| | | 1 | 3 | 1 | – | 2 | – | | | 3 | 6 |
| | | 2 | 8 | 2 | – | 6 | – | | | 5 | 13 |
| | | 3 | 6 | 2 | – | 4 | – | | | 5 | 11 |
| | | 4 | 8 | 2 | – | 6 | – | | | 5 | 13 |
| | | 5 | 2 | 2 | – | – | – | | | 2 | 4 |
| | | 6 | 2 | 2 | – | – | – | | | 2 | 4 |
| | | 7 | 2 | 2 | – | – | – | | | 2 | 4 |
| | | 8 | 6 | 4 | 2 | – | – | | | 6 | 12 |
| | | 9 | 2 | 2 | – | – | – | | | 2 | 4 |
| | | 10 | 2 | 1 | – | – | 1 | | | 1 | 3 |
| Всего по модулю: | | | 42 | 21 | 2 | 18 | 1 | | 34 | 76/2,111 | |
| 2 | 2 | 11 | 19 | 2 | 16 | – | 1 | | 48 | 67 | |
| | | Заключ. | 1 | 1 | – | – | – | | – | 1 | |
| | | Всего по модулю: | 20 | 3 | 16 | – | 1 | | 48 | 68/1,889 | |
| Промежуточная аттестация | | | | | | | | Зачёт | | | |
| Итого: | | | 62 | 24 | 18 | 18 | 2 | | 82 | 144/4,0 | |

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. (Раздел 1.) Конструкции, основы теории и исследований лопастных гидромашин.

Л-21 ч, ПЗ-2 ч, ЛР-18 ч, СРС – 34 ч.

Введение. Л-1 ч.

Представление курса. Рекомендуемая литература. Насосы и гидромоторы, терминология. Отличия принципа действия динамических гидромашин от статических (объёмных). Лопастные гидромашин: области применения, основные требования, история возникновения.

Тема 1. Основные параметры и характеристики лопастных гидромашин.

Расход (подача), виды расхода. Напор, виды напора. Мощность полезная, потребляемая. КПД и его виды.

Тема 2. Устройство, принцип действия и характеристики центробежных насосов.

Устройство центробежного насоса: три основные составные части. Прин-

цип передачи энергии и движение жидкости в рабочем колесе (РК). Устройство РК и их типы. Назначение подводов и их типы. Назначение отводов и их типы. Насосы двухстороннего всасывания и многоступенчатые насосы. Рабочие (энергетические) характеристики центробежного насоса. Оптимальный, расчётный и номинальный режимы работы. Рабочая зона. Работа насоса на сеть. Регулирование дросселированием.

Тема 3. Моделирование. Формулы подобия. Коэффициент быстроходности.

Задачи моделирования. Геометрическое подобие. Коэффициент моделирования. Кинематическое подобие. Динамическое подобие. Формулы подобия. Масштабный эффект. Коэффициент быстроходности. Классификация насосов по коэффициенту быстроходности. Регулирование изменением частоты вращения.

Тема 4. Кавитация и кавитационная эрозия.

Фазы кавитации. Кавитационная эрозия. Проявления кавитации в лопастных насосах. Высота всасывания. Антикавитационный запас. Допустимая высота всасывания.

Тема 5. Основы теории лопастных насосов.

Движение жидкости в рабочем колесе. Планы и треугольники скоростей. Основное уравнение лопастных машин и его анализ.

Тема 6. Схема бесконечного числа лопастей. Одномерная струйная теория. Коэффициент стеснения. Поправка на конечное число лопастей.

Тема 7. Гидравлические потери в рабочем колесе и отводе.

Потери установившегося и неустановившегося движения в РК и отводе. Определение гидравлического КПД РК, отвода и ступени.

Тема 8. Осевые и радиальные силы в центробежном насосе.

Распределение давления в пазухах насоса. Причины возникновения осевой силы и способы ее разгрузки. Расчёт составляющих осевой силы. Причины возникновения радиальной силы и её расчёт.

Тема 9. Устройство, принцип действия и характеристики осевых насосов.

Тема 10. Устройство, принцип действия и характеристики вихревых насосов.

Модуль 2. (Раздел 2.) Проектирование центробежного насоса низкой быстроходности.

Л-2ч, ПЗ-16 ч, СРС – 48 ч.

Тема 11. Основы проектирования центробежного насоса.

Определение основных геометрических параметров. Профилирование проточной части в меридианном сечении. Профилирование лопасти.

Заключение Л-1 ч.

Краткий обзор пройденного материала. Направления совершенствования лопастных гидромашин.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Наименование темы практического занятия |
|--------|-----------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Тема 8 | Расчёт осевых и радиальных сил |
| 2 | Тема 11 | Определение исходных данных для расчёта рабочего колеса центробежного насоса |
| 3 | Тема 11 | Расчёт основных размеров рабочего колеса |
| 4 | Тема 11 | Профилирование канала колеса в меридианном сечении |
| 5 | Тема 11 | Расчёт геометрии лопасти |
| 6 | Тема 11 | Профилирование поверхности лопасти |
| 7 | Тема 11 | Расчёт и профилирование отвода спирального типа |
| 8 | Тема 11 | Расчёт отвода лопаточного типа |
| 9 | Тема 11 | Расчёт подвода |

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Наименование темы лабораторной работы |
|--------|-----------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Темы 1,2 | Изучение (исследование) насосной установки, её оборудования и приборного оснащения |
| 2 | Тема 2 | Параметрические испытания центробежного насоса |
| 3 | Темы 2,3 | Конструкции лопастных насосов. Их основные элементы. Эскизирование РК различной быстроходности и их описание: материал, способ изготовления, особенности конструкции |
| 4 | Тема 4 | Кавитационные испытания центробежного насоса |

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчётов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.4 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

| Номер темы (раздела) дисциплины | Вид самостоятельной работы студентов | Трудоёмкость, часов |
|---------------------------------------|---|------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Введение | Изучение теоретического материала. | 1 |
| Тема 1 | Изучение теоретического материала. | |
| | Подготовка к лабораторным занятиям | 1 |
| | Подготовка отчётов по лабораторным работам | 1 |
| Тема 2 | Изучение теоретического материала | 2 |
| | Подготовка к лабораторным занятиям | 2 |
| | Подготовка отчётов по лабораторным работам | 1 |
| Тема 3 | Изучение теоретического материала | 2 |
| | Подготовка к лабораторным занятиям | 2 |
| | Подготовка отчётов по лабораторным работам | 1 |
| Тема 4 | Изучение теоретического материала | 2 |
| | Подготовка к лабораторным занятиям | 2 |
| | Подготовка отчётов по лабораторным работам | 1 |
| Тема 5 | Изучение теоретического материала | 2 |
| Тема 6 | Изучение теоретического материала | 2 |
| Тема 7 | Изучение теоретического материала | 2 |
| Тема 8 | Изучение теоретического материала | 4 |
| | Подготовка к практическим занятиям | 1 |
| | Подготовка отчётов по практическим занятиям | 1 |
| Тема 9 | Изучение теоретического материала | 2 |
| Тема 10 | Изучение теоретического материала | 1 |
| Тема 11 | Изучение теоретического материала | 2 |
| | Подготовка к практическим занятиям | 6 |
| | Подготовка отчётов по практическим занятиям | 4 |
| Темы 1-3, 5-8, 11 | Курсовой проект (в соответствии с темой) | 36 |
| Итого: в ч / в ЗЕ | | 82/2,278 |

5.2.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно.

Тема 1. Основные параметры и характеристики лопастных гидромашин.

Насосы и гидромоторы, терминология. Отличия принципа действия динамических гидромашин от статических (объёмных). Лопастные гидромашин: области применения, основные требования, история возникновения.

Расход (подача), виды расхода. Напор, виды напора. Мощность полезная, потребляемая. КПД и его виды. Способы измерения параметров.

Тема 2. Устройство, принцип действия и характеристики центробежных насосов.

Устройство центробежного насоса: три основные составные части. Принцип передачи энергии и движение жидкости в рабочем колесе (РК). Устройство РК и их типы. Назначение подводов и их типы. Назначение отводов и их типы. Насосы двухстороннего всасывания и многоступенчатые насосы.

Рабочие (энергетические) характеристики центробежного насоса. Оптимальный, расчётный и номинальный режимы работы. Рабочая зона. Работа насоса на сеть. Регулирование дросселированием.

Тема 3. Моделирование. Формулы подобия. Коэффициент быстроходности.

Задачи моделирования. Геометрическое подобие. Коэффициент моделирования. Кинематическое подобие. Динамическое подобие.

Формулы подобия. Масштабный эффект.

Коэффициент быстроходности. Классификация насосов по коэффициенту быстроходности.

Регулирование изменением частоты вращения.

Тема 4. Кавитация и кавитационная эрозия.

Фазы кавитации. Кавитационная эрозия. Проявления кавитации в лопастных насосах. Высота всасывания. Кавитационный запас. Допустимая высота всасывания.

Тема 5. Основы теории лопастных насосов.

Движение жидкости в рабочем колесе. Планы и треугольники скоростей. Основное уравнение лопастных машин и его анализ.

Тема 6. Схема бесконечного числа лопастей. Одномерная струйная теория. Коэффициент стеснения. Треугольники скоростей для потока на входе в рабочее колесо и на выходе из него. Поправка на конечное число лопастей.

Тема 7. Гидравлические потери в рабочем колесе и отводе.

Потери установившегося и неустановившегося движения в РК и отводе. Определение гидравлического КПД РК, отвода и ступени.

Тема 8. Осевые и радиальные силы в центробежном насосе.

Распределение давления в пазухах насоса. Причины возникновения осевой силы и способы ее разгрузки. Расчёт сил, действующих на РК (вал) центробежного насоса. Расчёт составляющих осевой силы. Причины возникновения радиальной силы и её расчёт.

Тема 9. Устройство, принцип действия и характеристики осевых насосов. Особенности рабочей характеристики и запуска осевого насоса.

Тема 10. Устройство, принцип действия и характеристики вихревых насосов. Область применения. Самовсасывание вихревых насосов.

Тема 11. Основы проектирования центробежного насоса.

Определение основных геометрических параметров. Профилирование проточной части в меридианном сечении. Профилирование лопасти.

5.2.2 Курсовой проект

Целью выполнения курсового проекта является получение студентом навыков определения геометрических параметров проточной части центробежного насоса, профилирования элементов проточной части, создания основного вида (разреза насоса в меридианном сечении) и детализировки рабочего колеса с

использованием современных компьютерных технологий. Силовой и прочностной расчёт насоса.

В результате исполнения студентом курсового проекта, планируется освоение им методики проектирования центробежных насосов низкой быстроходности (с цилиндрическими лопастями).

Темы курсового проекта:

- Общепромышленный центробежный насос типа «К».
- Центробежный насос типа «КМ».
- Общепромышленный центробежный насос типа «Д» и т.д.
- Химический центробежный насос типа «Х», «ХЖ» и т.д.
- Многоступенчатый секционный насос.

По каждой теме даются исходные данные по основным параметрам и прототип индивидуально для каждого студента.

Пояснительная записка к курсовому проекту включает:

- Расчёт основных конструктивных параметров гидромашин;
- Расчёты: силовые, прочностные, долговечности, жёсткости;
- Расчёт и выбор стандартных присоединительных элементов;
- Элементы патентного поиска.

Графическая часть включает:

- Сборочный чертёж общего вида (1-2 листа А1);
- Чертёж характерной детали (1 лист А1).

5.2.3 Реферат

Реферат не предусмотрен

5.2.4 Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа не предусмотрена

5.2.5 Индивидуальное задание

Индивидуальное задание не предусмотрено

5.3 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

В основу образовательных технологий положен деятельностный подход к процессу обучения, в соответствии с которым делается акцент на освоении навыков применения основных положений теории лопастных гидромашин к решению практических задач в области энергетического машиностроения. При этом используются активные и интерактивные методы проведения лекционных, практических и лабораторных занятий.

При проведении практических и лабораторных занятий используется эскизирование на миллиметровке или специальных бланках. Расчёты выполняются с использованием калькулятора или с использованием компьютерных программ: Mathcad, MS Excel – для сокращения времени расчётов нескольких вариантов и выбора оптимального.

Особое внимание уделяется самостоятельной работе студента, основной целью которой является привитие навыков самостоятельного освоения научно-методического аппарата теории и практики лопастных гидромашин для выбора рациональной конструкции элементов гидромашин, а также для презентации подготовленного проекта на высоком уровне. В том числе в курсовом проектировании используются компьютерные технологии.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- опрос, текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1);
- защита лабораторных работ (модуль 1);
- защита курсового проекта (модуль 2).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Дифференцированный зачёт:

- Дифференцированный зачёт по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит три теоретических вопроса;
- Оценка выставляется с учётом результатов рубежной аттестации.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблицу планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

| Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы) | Вид контроля | | | | | |
|--|--------------|----|----|----|----|------------|
| | ТК | КР | КП | ЛР | ПЗ | Диф. зачёт |
| В результате освоения компетенции студент: | | | | | | |
| Знает: | | | | | | |
| - классификацию, назначение, устройство, область применения и принцип действия известных конструкций лопастных гидромашин (ПСК-1); | + | + | | | | + |
| - роль лопастных гидромашин в обеспечении технологических процессов (ПСК-1); | + | + | | | | + |
| - разновидности конструктивных схем лопастных гидромашин, их особенности (ПСК-1); | + | + | | | | + |
| - энергетические и кавитационные характеристики лопастных насосов (ПСК-1); | + | + | | | | + |
| - виды потерь энергии в лопастных гидромашинах; коэффициенты полезного действия: объёмный, гидравлический, механический (ПСК-1); | + | + | | | | + |
| - элементы и способы регулирования лопастных гидромашин (ПСК-1); | + | + | | | | + |
| - соотношения между конструктивными и энергетическими параметрами лопастных гидромашин (ОПК-3); | + | + | | | | + |
| - нагрузки, действующие в конструкциях лопастных гидромашин (ОПК-3); | + | + | | | | + |
| - физические ограничения в конструкциях лопастных гидромашин, пути совершенствования лопастных гидромашин (ПСК-1); | + | + | | | | + |
| - способы уплотнения неподвижных и подвижных элементов конструкции (ПСК-1); | + | + | | | | + |
| - способы присоединения лопастной гидромашин к другим элементам и агрегатам (ПСК-1). | + | + | | | | + |
| Умеет: | | | | | | |
| - составить и провести презентацию конструкции лопастной гидромашин, обосновать принятые технические решения (ПСК-1); | | | + | | | |
| - формулировать ответ оппоненту на защите своего проекта (ПСК-1); | | | + | | | |
| - критически оценить технический доклад, презентацию конструкции и составить по ним вопросы докладчику (ПСК-1); | | | + | | | |
| - выполнять сравнительную оценку конструктивных схем гидравлических машин, выбирать с учётом достоинств и недостатков предпочтительную конструктивную схему для конкретного случая применения (ОПК-3); | | | + | + | | + |
| - определять конструктивные параметры по статистическим зависимостям (ОПК-3); | | | + | | + | + |
| - составлять уравнения сил и моментов, действующих на элементы конструкции центробежной гидромашин | | | + | | + | + |

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

| | |
|---|---|
| Б1.В.10 Лопастные гидромашины <small>(индекс и полное название дисциплины)</small> | Блок 1. Дисциплины (модули) <small>(цикл дисциплины)</small> |
| | <input checked="" type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> обязательная <input type="checkbox"/> вариативная часть цикла <input type="checkbox"/> по выбору студента |
| 13.03.03 <small>(код направления подготовки / специальности)</small> | Энергетическое машиностроение, профиль "Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты" <small>(полное название направления подготовки / специальности)</small> |
| ЭМ/АГПС <small>(аббревиатура направления / специальности)</small> | Уровень подготовки: <input type="checkbox"/> специалист Форма обучения: <input checked="" type="checkbox"/> очная <input checked="" type="checkbox"/> бакалавр <input type="checkbox"/> заочная <input type="checkbox"/> магистр <input type="checkbox"/> очно-заочная |
| 2016 <small>(год утверждения учебного плана ООП)</small> | Семестр(-ы): <u>8</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>15</u> |
| Дундур Е.А. <small>(фамилия, инициалы преподавателя)</small> | доцент <small>(должность)</small> |
| АКФ <small>(факультет)</small> | РКТ и ЭС <small>(кафедра)</small> |
| | (239-13-43) <small>(контактная информация)</small> |

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

| № | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|--------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 Основная литература | | |
| 1 | Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для втузов / Т.М. Башта [и др.] .— 4-е изд., стер, перепечатка со 2-го издания 1982 г. – Москва : Альянс, 2010 .— 423 с. | 157 |
| 2 Дополнительная литература | | |
| 2.1 Учебные и научные издания | | |
| 2 | Лопастные насосы. Теория, расчёт и конструирование / А.К. Михайлов, | 6 |

| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| | В.В. Малюшенко .— Москва : Машиностроение, 1977 .— 288 с. | |
| 3 | Лопастные насосы: Учеб. пособие / Н.В. Гусин. – ПГТУ, Пермь, 1995. – 169 с. ч.1. | 65 |
| 4 | Гидравлические расчёты проточной части центробежных насосов: Методические указания / С.А. Горгиджян. – ЛПИ им. Калинина, Ленинград, 1982. | 26 |
| 5 | Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В.И. Анурьев ; Под ред. И.Н. Жестковой .— 8-е изд., перераб. и доп .— М. : Машиностроение, 2006. | т.1 – 168 т.2 – 167 т.3 – 164 |
| 2.2 Периодические издания | | |
| 2.3 Нормативно-технические издания | | |
| 2.4 Официальные издания | | |
| 2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины | | |
| 1 | Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана. | |
| 2 | Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманит., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург : Лань, 2010- . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана. | |

Основные данные об обеспеченности на _____

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

Основная литература обеспечена не обеспечена

Дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на _____

(дата контроля литературы)

Основная литература обеспечена не обеспечена

Дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

| № п.п. | Вид учебного занятия | Наименование программного продукта | Рег. номер | Назначение |
|--------|----------------------|---|------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | ЛЗ | FluidSIM (Festo Didactic GmbH & Co. KG) | Свободно распространяемое ПО | Пакет для моделирования гидравлических, пневматических и электрических систем |

8.3.1.1. Информационные справочные системы

8.3 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

| Вид аудио-, видео-пособия | | | | Наименование учебного пособия |
|---------------------------|------------|--------|---------------|--|
| теле-фильм | кино-фильм | слайды | аудио-пособие | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | + | | Раздаточный тематический материал к курсу лекций и практическим занятиям |

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

| № п.п. | Помещения | | | Площадь, м ² | Количество посадочных мест |
|--------|--|--------------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|
| | Название | Принадлежность (кафедра) | Номер аудитории | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Компьютерный класс | Кафедра РКТЭС | 216 к. В | 72 | 8 |
| 2 | Лаборатория гидравлики и лопастных гидромашин. | Кафедра РКТЭС | 011 к. В | 72 | 20 |

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

| № | Наименование и марка | Кол-во, | Форма приобретения / владения | Номер |
|---|----------------------|---------|-------------------------------|-------|
|---|----------------------|---------|-------------------------------|-------|

| п.п. | оборудования (стенда, макета, плаката) | ед. | (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.) | аудитории |
|------|--|-----|--|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | ПК Intel Pentium 2GHz (с модификациями) | 8 | Оперативное управление | 216, к. В |
| 2 | Учебная установка «Гидромеханика ГМ-02 М»; | 1 | Оперативное управление | 011, к. В |
| 3 | Образцы элементов проточной части лопастных гидромашин | 20 | Оперативное управление | 011, к. В |

Лист регистрации изменений

| № п.п. | Содержание изменения | Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой |
|-------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |