

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ИИЭ

 Матвеев А.С.
 «26» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2018 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ

| Гидродинамика энергоустановок | | |
|---|---|----|
| Направление подготовки/ специальность | 13.03.03 Энергетическое машиностроение | |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) | Энергетическое машиностроение | |
| Специализация | Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС | |
| Уровень образования | высшее образование - бакалавриат | |
| Курс | 4 семестр 8 | |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах) | 3 | |
| Виды учебной деятельности | Временной ресурс | |
| Контактная (аудиторная) работа, ч | Лекции | 22 |
| | Практические занятия | 22 |
| | Лабораторные занятия | 0 |
| | ВСЕГО | 44 |
| Самостоятельная работа, ч | 64 | |
| ИТОГО, ч | 108 | |

| Вид промежуточной аттестации | экзамен | Обеспечивающее подразделение | НОЦ И.Н. Бутакова |
|--|---------|--|----------------------|
| Заведующий кафедрой – руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель | |  | Заворин А.С. |
| | |  | Тайлашева Т.С. |
| | |  | Заворин А.С. |

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) | |
|-----------------|---|---|--|
| | | Код | Наименование |
| ПК(У)-1 | Способностью к конструкторской деятельности | ПК(У)-1.В1 | Владеет опытом выполнения проектных разработок высокотехнологического оборудования, его отдельных узлов и элементов энергомашиностроительной отрасли |
| | | ПК(У)-1.У1 | Умеет выполнять технические расчеты энергетических машин, установок и аппаратов с применением нормативных и отраслевых рекомендаций |
| | | ПК(У)-1.31 | Знает методы проведения основных технических расчетов энергетических машин, установок и аппаратов с применением нормативных и отраслевых требований |
| ПК(У)-4 | Способностью представлять техническую документацию в соответствии с требованиями единой системой конструкторской документации | ПК(У)-4.В1 | Владеет навыками представления передовых решений инженерных задач с применением средств нормативно-технической и графической информации |
| | | ПК(У)-3.1У1 | Умеет оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативных документов на проектную документацию |
| | | ПК(У)-3.131 | Знает правил выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативных документов в отрасли |
| ПК(У)-12 | Способностью проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности | ПК(У)-12.В3 | Владеет навыками оценивания конкурентных преимуществ инженерных решений |
| | | ПК(У)-12.У3 | Умеет рассчитывать и анализировать эффективность предлагаемых инженерных решений |
| | | ПК(У)-12.33 | Знает методы оценки эффективности инженерных решений с учетом факторов неопределённости и возможных рисков |
| | | ПК(У)-12.31 | Знает основные методы теоретического и экспериментального исследования процессов в энергетическом оборудовании и его испытаний |

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы (элективная дисциплина).

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине | | Компетенция ООП |
|---|---|--|
| Код | Наименование | |
| РД 1 | Уметь осуществлять выполнение компоновочных решений, тепловых схем, разводки трубопроводов и элементов энергетического оборудования | ПК(У)-1.В1 ПК(У)-1.У1 ПК(У)-1.31 |
| РД 2 | Уметь работать с каталогами и справочниками, электронными базами данных энергетического оборудования | ПК(У)-12.В3 ПК(У)-12.У3 |
| РД 3 | Уметь выполнять тепловые и гидравлические расчеты, расчеты тепловых схем с выбором оборудования | ПК(У)-4.В1 ПК(У)-3.1У1 ПК(У)-3.131 |
| РД 4 | Знать методы тепловых и гидравлических расчетов энергетического оборудования | ПК(У)-12.В3 ПК(У)-12.У3 ПК(У)-12.33 ПК(У)-12.31 |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|--|--|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Общая характеристика гидродинамических энергоустановок | РД 2, РД4 | Лекции | 4 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 2. Движение однофазных и двухфазных сред в обогреваемых трубах | РД 2, РД4 | Лекции | 4 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 3. Определение нагрузок элементов пароводяного тракта | РД1, РД2, РД3, РД4 | Лекции | 6 |
| | | Практические занятия | 10 |
| | | Лабораторные занятия | |
| | | Самостоятельная работа | 20 |
| Раздел 4. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией | РД1, РД2, РД3, РД4 | Лекции | 8 |
| | | Практические занятия | 10 |
| | | Лабораторные занятия | |
| | | Самостоятельная работа | 24 |

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Общая характеристика гидродинамических энергоустановок Особенности проектирования камер сгорания.

Рассматриваются характеристики условий работы парогенерирующих энергетических установок, анализ и особенности, протекающих в них процессов.

Темы лекций:

1. Свойства теплоносителей.
2. Гидравлические схемы
3. Принципы организации движения рабочих сред, их сопоставительный анализ.
4. Замкнутые контуры.
5. Простые и сложные контуры циркуляции.
6. Принципы деления контуров на звенья, элементы, участки.
7. Понятия скорости циркуляции.

Темы практических занятий:

1. Гидравлический расчет контура с естественной циркуляцией котлоагрегата

Раздел 2. Движение однофазных и двухфазных сред в обогреваемых трубах Расположение форсунок в жаровых трубах.

Рассматриваются вопросы движения однофазной среды в обогреваемой трубе. Рассматривается структура двухфазных потоков, расслоенная структура потоков, характеристики напорного паросодержания. Потери напора и ускорение среды. Коэффициенты сопротивления гидравлических систем.

Темы лекций:

1. Физическая модель движения однофазной среды в обогреваемой трубе.
2. Структура двухфазных потоков.
3. Характеристики напорного паросодержания.

4. Коэффициенты сопротивления гидравлических систем.

Темы практических занятий:

1. Гидравлический расчет контура с естественной циркуляцией котлоагрегата

Раздел 3. Определение нагрузок элементов пароводяного тракта.

Знакомятся с методами распределения тепловых нагрузок по экранным поверхностям паровых котлов. Учатся определять коэффициенты неравномерности распределения тепловых нагрузок по стенам, по ширине и по высоте. Изучают распределение радиационных и конвективных тепловых нагрузок по рядам пучка в выходном окне топок. Неравномерность тепловых нагрузок параллельных труб в элементе. Коэффициенты тепловой неравномерности элементов при разном расположении их на стене. Изучают определение паропроизводительности и паросодержания участков и элементов контуров. Проводят проверку правильности распределения тепловых нагрузок.

Темы лекций:

1. Методы распределения тепловых нагрузок по экранным поверхностям паровых котлов. Коэффициенты неравномерности распределения тепловых нагрузок по стенам, по ширине и по высоте.
2. Распределение радиационных и конвективных тепловых нагрузок по рядам пучка в выходном окне топок. Неравномерность тепловых нагрузок параллельных труб в элементе. Коэффициенты тепловой неравномерности элементов при разном расположении их на стене.
3. Определение паропроизводительности и паросодержания участков и элементов контуров. Проверка правильности распределения тепловых нагрузок.

Темы практических занятий:

1. Гидравлический расчет контура с естественной циркуляцией котлоагрегата

Раздел 4. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией.

Знакомятся с сущностью принципа естественной циркуляции в замкнутых испарительных системах. Изучают определение движущего и полезного напора циркуляции без учета и с учетом сноса пара из барабана и обогрев опускных звеньев. Экономайзерный и паросодержащий участки циркуляционного контура. Изучают определение высоты точки закипания и высоты паросодержащей части контура. Знакомятся с графоаналитическим методом расчета циркуляции в простых и сложных контурах. Узнают задачи расчета. Знакомятся с расчетом простого контура циркуляции. Знакомятся с расчетом сложных контуров циркуляции. Знакомятся с расчетом циркуляции в контурах трехбарабанного парового котла. Знакомятся с расчетом циркуляции в короткозамкнутом контуре. Изучают проверку предварительно принятых данных. Изучают понятие о полной диаграмме циркуляции. Знакомятся с застоем и опрокидыванием циркуляции с нарушением циркуляции в опускных звеньях, с кавитацией. Знакомятся с образованием вихревых воронок, вскипанием воды в опускных звеньях. Изучают надежность циркуляции при нестационарных режимах. Знакомятся с конструктивным оформлением контуров естественной циркуляции паровых котлов.

Темы лекций:

1. Физическая сущность принципа естественной циркуляции в замкнутых испарительных системах. Определение движущего и полезного напора циркуляции без учета и с учетом сноса пара из барабана и обогрев опускных звеньев. Экономайзерный и паросодержащий участки циркуляционного контура.
2. Определение высоты точки закипания и высоты паросодержащей части контура. Графоаналитический метод расчета циркуляции в простых и сложных контурах. Задачи расчета.
3. Расчет простого контура циркуляции. Расчет сложных контуров циркуляции. Расчет

циркуляции в контурах трехбарабанного парового котла. Расчет циркуляции в короткозамкнутом контуре. Проверка предварительно принятых данных. Понятие о полной диаграмме циркуляции. Застой и опрокидывание циркуляции.

4. Нарушение циркуляции в опускных звеньях. Кавитация. Образование вихревых воронок. Вскипание воды в опускных звеньях. Надежность циркуляции при нестационарных режимах. Рекомендации к конструктивному оформлению контуров естественной циркуляции паровых котлов.

Темы практических занятий:

1. Гидравлический расчет контура с естественной циркуляцией котлоагрегата.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к контрольной работе, экзамену.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Салов, Н.Н. Гидродинамика и теплообмен в роторах и трансмиссиях газотурбинных двигателей. Уменьшение температурных напряжений в дисках / Н.Н. Салов, А.А. Харченко; Севастопольский государственный университет (СевГУ). – Москва: Вузовский учебник Инфра-М, 2015. – 180 с.: ил. – Режим доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C326581>
2. Бетяев, С.К. Избранные труды / С.К. Бетяев. – Москва Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2015, Т. 2: Гидродинамика: задачи обтекания и истечения, аэродинамическое проектирование. – 2015. – 454 с.: ил. Режим доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C331231>
3. Куделин, Н.С. Гидродинамика стационарных устойчивых течений углеводородных сред в трубопроводах сложной формы / Н.С. Куделин; науч. рук. С.Н. Харламов // Ресурсоэффективным технологиям - энергию и энтузиазм молодых сборник научных трудов VI Всероссийской конференции, г. Томск, 22-24 апреля 2015 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – [С. 20-25]. – Заглавие с титульного экрана. – [Библиогр.: с. 24-25 (12 назв.)]. – Adobe Reader. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C08/006.pdf>

Дополнительная литература

1. Лебедев, И.К. Гидродинамика паровых котлов: учебное пособие / И.К. Лебедев. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 238 с.– Режим доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/files/names/document/RU/TPU/pers/19832>

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный каталог Томского регионального библиотечного консорциума

- (<http://arbicon.tomsk.ru>);
2. Архив научных журналов «Neicon» (<http://archive.neicon.ru>);
 3. Единая государственная информационная система учета НИОКТР (<http://rosrid.ru>);
 4. Национальная электронная библиотека (<https://нэб.рф>);
 5. База реферативных журналов Всероссийского института научной и технической информации (<http://www2.viniti.ru>);

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Autodesk Inventor Professional 2015 Education;
2. Autodesk AutoCAD Mechanical 2015 Education;
3. Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic;
4. PTC Mathcad 15 Academic Floating.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

| № | Наименование специальных помещений | Наименование оборудования |
|----|--|---|
| 1. | Аудитории для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина 30, а, учебный корпус №4, аудитория 403 | Стенд имитационный системы отопления и ГВС с навесным котлом - 1 шт.; Котел Vitodent 100-W 26 кВт, одноконтурный с блоком управления и арматурой - 1 шт.; Стенд имитационный системы отопления и ГВС с напольным котлом - 1 шт.; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Зонт вытяжной - 2 шт.; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. |
| 2. | Аудитории для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина 30, а, учебный корпус №4, аудитория 406 | Анализатор дымовых газов Testo350 - 1 шт.; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Стол письменный - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.03 Энергетическое машиностроение / Энергетическое машиностроение / Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность | Подпись | ФИО |
|-----------|---|----------------|
| Доцент |  | Янковский С.А. |

Программа одобрена на заседании Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова (протокол от 19.06.2018 г. № 11).

Заведующий кафедрой – руководитель
НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры,
д.т.н., профессор


подпись /Заворин А.С./

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

| Учебный год | Содержание /изменение | Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол) |
|----------------------|---|--|
| 2019/2020 уч. год | Внесены изменения в разделы: Структура и содержание дисциплины; Учебно-методическое обеспечение; Материально-техническое обеспечение дисциплины. | Протокол №29 от 30.05.2019 |
| 2020/2021 уч. год | Внесены изменения в разделы: Структура и содержание дисциплины; Учебно-методическое обеспечение; Материально-техническое обеспечение дисциплины. | Протокол №44 от 26.06.2020 |
| | | |
| | | |