Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 01.11.2023 13:13:11
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

**УТВЕРЖДАЮ**
Декан транспортного факультета

/М.Н. Лукьянов/

" 30 " августа 2022 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## «Компьютерное моделирование теплотехнических задач в теплообменных устройствах»

Направление подготовки
**13.03.03 «Энергетическое машиностроение»**
Профиль: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики

Квалификация (степень) выпускника
**Бакалавр**

Форма обучения
**Заочная**

Год набора
**2022**

Москва 2022 г

## 1. Цели освоения дисциплины

**Целями** освоения дисциплины являются:

- Формирование знаний в области организации рабочих процессов в тепловых двигателях и теплообменных устройствах.

**Задачи** дисциплины:

- Обеспечить понимание физических особенностей рабочих процессов, привитие навыков расчетов действительных циклов тепловых двигателей, способов организации эффективных процессов, достижения высоких мощностных, экономических и экологических показателей тепловых двигателей.
- Подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра;
- Формирование у студентов комплексного представления об различных материалах и средах участвующих в процессах теплообмена;
- Формирование систематизированного знания об основных требованиях, предъявляемых к материалам и средам, и принципах их выбора при эксплуатации, ремонте и сервисном обслуживании транспортных и транспортно-технологических средств на современном этапе развития экономики и общества;
- Выработка навыков и умений по применению современных программных продуктов для моделирования и расчета процесса тепломассобмена и теплопередачи.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина входит в блок Б.1 «Обязательная часть», подраздел Б.1.1.28.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения, навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Техническая газовая динамика для тепловых двигателей», «Термодинамика для энергетических машин», «Основы автоматизированного проектирования в энергомашиностроении в САПР КОМПАС».

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной будут востребованы в дисциплинах: «Комбинированные энергоустановки».

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной будут востребованы при прохождении преддипломной практики и сдачи государственной итоговой аттестации.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и их структурных элементов:

**Планируемые результаты освоения дисциплины**

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| ОПК-1 | Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности | ЗНАТЬ:<br>- принципы подготовки расчётного эксперимента при моделировании теплообменных процессов.<br>УМЕТЬ:<br>- правильно выбирать расчётные модели и граничные условия.<br>ВЛАДЕТЬ:<br>- компьютерными программными продуктами и методами расчета стационарных и нестацио- |

| | | |
|---|---|---|
| | | нарных температурных полей в конструкциях энергоустановок. |
| ПК-3 | Способен к проведению исследований в области проектирования энергоустановок | ЗНАТЬ:<br>- критерии оценки эффективности работы теплообменных устройств.<br>УМЕТЬ:<br>- использовать программы тепловых расчетов ступеней турбомашин ГТД.<br>ВЛАДЕТЬ:<br>- терминологией в области тепловых процессов и передачи тепла. |

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении студентами дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение студентами необходимыми компетенциями. Результат аттестации студентов на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций студентами. Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

## 4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина читается на 6 семестре
Промежуточная аттестация – экзамен
Количество недель в семестре - 18
Общая трудоемкость дисциплины - 3 зачетные единицы
Общее количество часов по структуре - 108
Количество аудиторных часов – 16
Количество часов самостоятельной работы – 92
Количество часов лекций – 10
Количество часов лабораторных занятий -0
Количество часов семинаров и практических занятий - 6

### 4.1. Содержание лекционного курса дисциплины

**Раздел 1. Некоторые проблемные вопросы, возникающие при моделировании теплообмена в охлаждаемых лопатках газовых турбин.**

Теплообмен в охлаждаемых лопатках газовых турбин как объект компьютерного моделирования. Информационное моделирование экспериментальных исследований. Теплообмен между газом и профильной частью лопаток. Расчет параметров охладителя в системах охлаждения лопаток газовых турбин. Моделирование температурного состояния охлаждаемых лопаток газовых турбин. Формулировка цели и постановка задач диссертационной работы

**Раздел 2. Информационное моделирование экспериментальных исследований обтекания и теплоотдачи к профилям лопаток, расходных характеристик и температурного состояния охлаждаемых лопаток газовых турбин.**

Предметная область БД "LAMBDA". Предметная область БД "ALFA". Предметная область БД "GIDRA-TERM". Выбор системы управления базами данных. Компьютерная реализация баз данных. Автоматизированные банки данных для разработки математических моделей теплообмена в охлаждаемых лопатках газовых турбин.

**Раздел 3. Моделирование теплообмена между газом и профильной частью охлаждаемых лопаток газовых турбин.**

Определение границ участков с различными режимами течения потока в пограничном слое. Определение координаты начала перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Определение координаты конца перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Опре-

деление протяженности участков с отрывом пограничного слоя. Расчет коэффициентов теплоотдачи на участках профилей с различными режимами течения потока в пограничном слое. Учет влияния температурного фактора и продольной неизотермичности поверхности профильной части лопатки на локальный теплообмен. Программа ALFA для моделирования теплообмена между газом и профильной частью лопаток газовых турбин.

**Раздел 4. Расчет параметров охладителя в системах охлаждения лопаток газовых турбин.**

Методика и численная реализация расчета параметров охладителя. Расчет коэффициентов гидравлического сопротивления в элементах систем охлаждения. Расчет коэффициентов теплоотдачи в элементах систем охлаждения. Компьютерная программа GIDRA по расчету параметров охладителя. Расширение и модификация пользователем библиотеки подпрограмм по расчету значений коэффициентов гидравлического сопротивления и теплоотдачи для различных типов каналов.

**Раздел 5. Моделирование температурного состояния профильных частей охлаждаемых лопаток газовых турбин.**

Использование метода конечных элементов для моделирования температурного состояния охлаждаемых лопаток. Учет теплоотвода в каналах для выдува охладителя на поверхность лопаток с конвективно-пленочным охлаждением при моделировании их температурного состояния в двумерной постановке. Учет терм барьерных покрытий при моделировании температурного состояния охлаждаемых лопаток газовых турбин. Расчет напряженного состояния охлаждаемых лопаток.

### 4.2. Содержание практических занятий

Моделирование процессов теплопроводности стенках.
Моделирование свободной конвекции.
Моделирование вынужденной конвекции.

### 4.3. Содержание лабораторных работ

Методика разработки одномерных дифференциальных моделей тепломассообменных процессов и устройств в инженерном математическом пакете Mathcad. Средства численного интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных. Средства символьных вычислений.
Компьютерное моделирование локальной теплоотдачи при поперечном обтекании цилиндра методом интегральных соотношений пограничного слоя в пакете Mathcad. Алгоритмическое представление сложной структуры правых частей дифференциальных уравнений сохранения.
Компьютерная модель локального тепломассообмена и гидродинамики при конденсации быстродвижущегося пара в трубах и каналах. Исследование режимов со значительным содержанием неконденсирующихся газов на входе. Демонстрация модели парогенерирующего канала в пакете Mathcad; кризисы кипения.

### 4.4. Примерная тематика курсового проекта (курсовой работы)

Курсовой проект (курсовая работа) не предусмотрены.

### 4.5. Темы для самостоятельной работы студентов

Моделирование температурного состояния охлаждаемых лопаток газовых турбин.
Компьютерная реализация баз данных. Автоматизированные банки данных для разработки математических моделей теплообмена в охлаждаемых лопатках газовых турбин.
Определение координаты начала перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный.
Учет влияния температурного фактора и продольной неизотермичности поверхности профильной части лопатки на локальный теплообмен.

## 5. Образовательные технологии

Для обучения дисциплине выбраны следующие образовательные технологии.

Контактная работа с обучающимися во время аудиторных занятий в форме лекций, и семинаров. Дает возможность сконцентрировать материал в блоки и преподносить его как единое целое, а контроль проводить по предварительной подготовке обучающихся.

Выполнение плана самостоятельной работы, самостоятельное изучение теоретического курса.

Возможность взаимодействия, взаимного обучения и взаимного контроля обучающихся в процессе практических работ; формирование навыков командной работы и формирование лидерских компетенций отдельных обучающихся.

Чтение лекций с иллюстрациями на меловой доске и ведение конспекта обучающимися с последующей проверкой конспекта.

Обучение с помощью технических средств обучения. Демонстрация слайдов презентаций и видеороликов посредством мультимедийного оборудования, формирование навыков самостоятельного применения средств измерений.

Освоение теоретического курса по учебникам и нормативно техническим документам

Обучение с помощью информационных и коммуникационных технологий. Освоение теоретического курса по интернет-ресурсам и информационно-справочным системам.

Подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Фонд оценочных средств по дисциплине является неотъемлемой частью настоящей рабочей программы и представлен отдельным документом в приложении.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

***а) Основная литература*:**

1. Дворецкий, С.И. Компьютерное моделирование процессов и аппаратов пищевой, био- и химической технологии в среде FlexPDE: учебное пособие / С.И. Дворецкий, А.А. Ермаков, О.О. Иванов, Е.И. Акулинин // Единое окно доступа к образователь- ным ресурсам: Федеральный портал [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/586/38586, свободный.

***b).Дополнительная литература***

1. Маничев, В.Б. Численные методы. Достоверное и точное числен- ное решение дифференциальных и алгебраических уравнений в CAE-системах САПР: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.Б. Маничев. – М.: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА- М", 2016. – 152 с. – Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=423817.

***в) Программное обеспечение и Интернет – ресурсы:***

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее ПО:

Операционная система, Windows 7(или ниже)

Для освоения дисциплины рекомендуются следующие сайты информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

http://минобрнауки.рф/ - Министерство образования и науки РФ;

http://fcior.edu.ru/ - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;

http://fgosvo.ru/ - Портал Федеральных государственных образовательных стандартов;

http://www.consultant.ru/ - Справочная правовая система «Консультант Плюс»;

http://www.garant.ru/ - Справочная правовая система «Гарант»;

http://www.edu.ru/ - Российское образование. Федеральный портал;

http://www.opengost.ru/ - Сайт, содержащий полные тексты нормативных документов

Перечень информационных систем:

1. Научная библиотека Московского политехнического университета. http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog

База данных содержит в себе 102678 учебных материалов различной направленности 1939 из которых полнотекстовые. Доступ к электронному каталогу можно получить с любого устройства, имеющим подключение к интернету.

2. Электронный каталог БИЦ МГУП.

http://mgup.ru/library/

Электронный каталог позволяет производить поиск по базе данных библиотеки МГУП.

3. **ЭБС издательства «ЛАНЬ».**

https://e.lanbook.com/

ЭБС «ЛАНЬ» - ресурс, предоставляющий online-доступ к научным журналам и полнотекстовым коллекциям книг различных издательств.

Доступ к ЭБС издательства «ЛАНЬ» осуществляется со всех компьютеров университета.

4. **ЭБС «Polpred».**

http://polpred.com/news

ЭБС представляет собой архив важных публикаций, собираемых вручную. База данных с рубрикатором: 53 отрасли/ 600 источников/ 9 федеральных округов РФ/ 235 стран и территорий/ главные материалы/ статьи и интервью 8000 первых лиц. Для доступа к полным текстам ЭБС с компьютеров на территории учебных корпусов университета авторизация не требуется.

5. **«КиберЛенинка» - научная библиотека открытого доступа.**

http://cyberleninka.ru/

Это научная электронная библиотека открытого доступа (OpenAccess).

Библиотека комплектуется научными статьями, публикациями в журналах России и ближнего зарубежья. Научные тексты, представленные в библиотеке, размещаются в интернете бесплатно, в открытом доступе. Пользователям библиотеки предоставляется возможность читать научные работы с экрана планшета, мобильного телефона и других современных мобильных устройств.

6. **Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU».**

http://elibrary.ru/defaultx.asp

Крупнейшая в России электронная библиотека научных публикаций, обладающая богатыми возможностями поиска и анализа научной информации. Библиотека интегрирована с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) - созданным по заказу Минобрнауки РФ бесплатным общедоступным инструментом измерения публикационной активности ученых и организаций.

7. **Реферативная и наукометрическая электронная база данных «Scopus».**

https://www.scopus.com/home.uri

Индексирует не менее 20500 реферируемых научных журналов, которые издаются не менее чем 5000 издательствами и содержат не менее 47 млн. библиографических записей, из которых не менее 24 млн. включают в себя списки цитируемой литературы.

8. **База данных «Knovel» издательства «Elsevir».**

https://app.knovel.com/web/

Полнотекстовая база данных для поиска инженерной информации и поддержки принятия инженерных решений.

Доступ к электронным базам данных «Scopus» и «Knovel» осуществляется круглосуточно через сеть Интернет в режиме он-лайн по IP-адресам, используемым университетом для выхода в сеть Интернет.

9. Поисковые интернет-системы: Google, Yandex, Yahoo, Mail, Rambler, Bing и др.

Информационная система предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно- методической библиотеке для общего и профессионального образования. Доступ с любого компьютера, подключенногок Интернет.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Комплекты мебели для учебного процесса. Меловая доска. Компьютеры. Мультимедийное оборудование: интерактивная доска, проектор.( Компьютерный класс № Нд-324 (б) «Моделирование прочностных задач, задач течения и горения в энергоустановках»
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13)

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Эффективное освоение дисциплины предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объеме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы и взять в библиотеке издания в твёрдой копии (необходимо иметь при себе читательский билет и уметь пользоваться электронным каталогом).

Доступ к информационным ресурсам библиотеки и информационно-справочным системам сети «Интернет» организован в читальных залах библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного ПЭВМ (ноутбука, планшетного компьютера или иного мобильного устройства) посредством беспроводного доступа при активации индивидуальной учетной записи.

Пользование информационными ресурсами расширяет возможности освоения теоретического курса, выполнения самостоятельной работы и позволяет получить информацию для реализации творческих образовательных технологий: выполнения реферата на заданную или самостоятельно выбранную тему в рамках тематики дисциплины.

Для выполнения практических работ студенту рекомендуется предварительно ознакомиться с теоретическими сведениями, изложенными в учебно-методическом пособии и дополнительных источниках, при выполнении работы следовать рекомендованному порядку выполнения работы и указаниям преподавателя, соблюдать технику безопасности, содержать рабочее место в чистоте и бережно относиться к оборудованию. Ведение конспекта лекций проверяется преподавателем.

При выполнении самостоятельной работы студенту рекомендуется изучить теоретические сведения по темам заданий, следовать рекомендациям, изложенным в учебно-методических пособиях, предоставлять преподавателю промежуточные и окончательные результаты в процессе контактной работы на занятиях.

## 10. Методические рекомендации для преподавателя

Основную организационную форму обучения, направленную на первичное овладение знаниями, представляет собой лекция. Главное назначение лекции - обеспечить теоретическую основу обучения, развить интерес к учебной деятельности и конкретной учебной дисциплине, сформировать у обучающихся ориентиры для самостоятельной работы над курсом. Традиционная лекция имеет несомненные преимущества не только как способ доставки информации, но и как метод эмоционального воздействия преподавателя на обучающихся, повышающий их познавательную активность. Достигается это за счет педагогического мастерства лектора, его высокой речевой культуры и ораторского искусства. Высокая эффективность деятельности преподавателя во время чтения лекции будет достигнута только тогда, когда он учитывает психологию аудитории, закономерности восприятия, внимания, мышления, эмоциональных процессов учащихся.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **13.03.03 «Энергетическое машиностроение»**

**Программу составил:**

Ст. преподаватель /Л.А. Косач/

**Программа утверждена на заседании кафедры «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»**

«29» августа 2022 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой
Доцент, к. т. н. /А.В. Костюков/

*Приложение*
*к рабочей программе*

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики
Форма обучения: заочная
Год набора 2022

Кафедра: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Моделирование задач тепломассообмена для энергоустановок

Состав:
1. Общие положения
2. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы
3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания
4. Оценочные средства

Составители:
Косач Л.А.

Москва 2022 г

## 1. Общие положения

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов предусмотрен фонд оценочных средств (ФОС), позволяющий оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций. Фонд оценочных средств состоит из комплектов контрольно-оценочных средств. Комплекты контрольно-оценочных средств включают в себя контрольно-оценочные материалы, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

## 2. Перечень компетенций формируемых в процессе освоения дисциплины.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

| **Код компетенции** | **В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать** |
|---|---|
| ОПК-1 | Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности |
| ПК-3 | Способен к проведению исследований в области проектирования энергоустановок |

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении студентами дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение студентами необходимыми компетенциями. Результат аттестации студентов на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций студентами.

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплины.

## 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания

**Критерии определения сформированности компетенций на различных этапах их формирования**

| Уровни | Содержание | Проявления |
|---|---|---|
| Минимальный | Обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями | Обучающийся способен понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практикоориентированных задач |
| Базовый | Обучающийся демонстрирует результаты на уровне осознанного владения учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности | Обучающийся способен анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях |
| Продвинутый | Достигнутый уровень является основой для формирования общекультурных и профессиональных компетенций, соответствующих требованиям ФГОС. | Обучающийся способен использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях |

Поскольку практически учебная дисциплина призвана формировать сразу несколько компетенций, критерии оценки целесообразно формировать в два этапа.

**1-й этап:** определение критериев оценки отдельно по каждой формируемой компетенции. Сущность 1-го этапа состоит в определении критериев для оценивания отдельно взятой компетенции на основе продемонстрированного обучаемым уровня самостоятельности в применении полученных в ходе изучения учебной дисциплины, знаний, умений и навыков.

**2-й этап:** определение критериев для оценки уровня обученности по учебной дисциплине на основе комплексного подхода к уровню сформированности всех компетенций, обязательных к формированию в процессе изучения предмета. Сущность 2-го этапа определения критерия оценки по учебной дисциплине заключена в определении подхода к оцениванию на основе ранее полученных данных о сформированности каждой компетенции, обязательной к выработке в процессе изучения предмета. В качестве основного критерия при оценке обучаемого при определении уровня освоения учебной дисциплины наличие сформированных у него компетенций по результатам освоения учебной дисциплины.

**Показатели оценивания степени сформированности компетенции и уровня освоения дисциплины. Шкалы оценивания.**

| Показатели оценивания степени сформированности компетенции | | | |
|---|---|---|---|
| Показатели оценивания компетенций и шкалы оценки Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено) или отсутствие сформированности компетенции | Оценка «удовлетворительно» (зачтено) или низкой уровень освоения компетенции | Оценка «хорошо» (зачтено) или повышенный уровень освоения компетенции | Оценка «отлично» (зачтено) или высокий уровень освоения компетенции |
| Неспособность обучаемого самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения, отсутствие самостоятельности в применении умения к использованию методов освоения учебной дисциплины и неспособность самостоятельно проявить навык повторения решения поставленной задачи по стандартному образцу свидетельствуют об отсутствии сформированной компетенции. Отсутствие подтверждения наличия сформированности компетенции свидетельствует об отрицательных результатах освоения учебной дисциплины | Если обучаемый демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем, следует считать, что компетенция сформирована, но ее уровень недостаточно высок. Поскольку выявлено наличие сформированной компетенции, ее следует оценивать положительно, но на низком уровне | Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение знаний, умений и навыков при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель при потенциальном формировании компетенции, подтверждает наличие сформированной компетенции, причем на более высоком уровне. Наличие сформированной компетенции на повышенном уровне самостоятельности со стороны обучаемого при ее практической демонстрации в ходе решения аналогичных заданий следует оценивать как положительное и устойчиво закрепленное в практическом навыке | Обучаемый демонстрирует способность к полной самостоятельности (допускаются консультации с преподавателем по сопутствующим вопросам) в выборе способа решения неизвестных или нестандартных заданий в рамках учебной дисциплины с использованием знаний, умений и навыков, полученных как в ходе освоения данной учебной дисциплины, так и смежных дисциплин, следует считать компетенцию сформированной на высоком уровне. Присутствие сформированной компетенции на высоком уровне, способность к ее дальнейшему саморазвитию и высокой адаптивности практического применения к изменяющимся условиям профессиональной задачи |
| Показатели оценивания уровня освоения дисциплины | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Уровень освоения дисциплины, при котором у обучаемого не сформировано более 50% компетенций. Если же учебная дисциплина выступает в качестве итогового этапа формирования компетенций (чаще всего это дисциплины профессионального цикла) оценка «неудовлетворительно» должна быть выставлена при отсутствии сформированности хотя бы одной компетенции | При наличии более 50% сформированных компетенций по дисциплинам, имеющим возможность доформирования компетенций на последующих этапах обучения. Для дисциплин итогового формирования компетенций естественно выставлять оценку «удовлетворительно», если сформированы все компетенции и более 60% дисциплин профессионального цикла «удовлетворительно» | Для определения уровня освоения промежуточной дисциплины на оценку «хорошо» обучающийся должен продемонстрировать наличие 80% сформированных компетенций, из которых не менее 1/3 оценены отметкой «хорошо». Оценивание итоговой дисциплины на «хорошо» обуславливается наличием у обучаемого всех сформированных компетенций причем общепрофессиональных компетенции по учебной дисциплине должны быть сформированы не менее чем на 60% на повышенном уровне, то есть с оценкой «хорошо». | Оценка «отлично» по дисциплине с промежуточным освоением компетенций, может быть выставлена при 100% подтверждении наличия компетенций, либо при 90% сформированных компетенций, из которых не менее 2/3 оценены отметкой «хорошо». В случае оценивания уровня освоения дисциплины с итоговым формированием компетенций оценка «отлично» может быть выставлена при подтверждении 100% наличия сформированной компетенции у обучаемого, выполнены требования к получению оценки «хорошо» и освоены на «отлично» не менее 50% общепрофессиональных компетенций |

Положительная оценка по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.

| Шкала оценивания | Критерии оценивания |
|---|---|
| «отлично» | студент должен: продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; правильно формулировать определения; продемонстрировать умения самостоятельной работы с нормативно-правовой литературой; уметь сделать выводы по излагаемому материалу |
| «хорошо» | студент должен: продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; продемонстрировать умение ориентироваться в нормативно-правовой литературе; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу |
| «удовлетворительно» | студент должен: продемонстрировать общее знание изучаемого материала; знать основную рекомендуемую программой дисциплины учебную литературу; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; |
| «неудовлетворительно» | ставится в случае: незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу. |

**Общие сведения по текущему контролю и промежуточной аттестации.**

Оценивание и контроль сформированности компетенций осуществляется с помощью текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости студентов предназначен для повышения мотивации студентов к систематическим занятиям, оценивания степени усвоения студентами учебного материала. Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение периода теоретического обучения семестра по всем видам аудиторных занятий и самостоятельной работы студента.

К формам контроля текущей успеваемости по дисциплине относится собеседование.

Критерии прохождения студентами текущего контроля следующие. При текущем контроле успеваемости обучающихся применяется пятибалльная система оценивания в виде отметки в баллах: 5 – «отлично», 4 – «хорошо», 3 – «удовлетворительно», 2 – «неудовлетворительно».

Результаты текущего контроля успеваемости учитываются преподавателем при проведении промежуточной аттестации. Отставание студента от графика текущего контроля успеваемости по изучаемой дисциплине приводит к образованию текущей задолженности.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра. Промежуточная аттестация помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, формирование определенных профессиональных компетенций. Заканчивается зачетом.

**Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 1 (6-я неделя, ОПК-1). Вопросы для собеседования со студентами (КТ1).**

1. Общие сведения о моделированиях.
2. Компьютерное моделирование в физике.
3. Теплообмен в охлаждаемых лопатках газовых турбин как объект компьютерного моделирования
4. Теплообмен между газом и профильной частью лопаток
5. Расчет параметров охладителя в системах охлаждения лопаток газовых турбин
6. Моделирование температурного состояния охлаждаемых лопаток газовых турбин
7. Формулировка цели и постановка задач диссертационной работы
8. Поверхности разрыва сильного и слабого
9. Профили максимального аэродинамического качества в камере сгорания
10. Вариационные задачи сверхзвуковой газовой динамики.
11. Уравнение Рейнольдса и его связь с течением в рабочем колесе
12. Возможные пути замыкания уравнений Рейнольдса
13. Интегральные толщины слоя и их моделирование
14. Уравнение Прандлтя
15. Расчеты интегральных толщин
16. Отрыв пограничного слоя
17. Кризис сопротивления плохо обтекаемых тел
18. Конструкция ступени турбины
19. Лопаточный аппарат турбины ступени
20. Преобразование энергии в турбинной ступени

**Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 1 (6-я неделя, ПК-3). Вопросы для собеседования со студентами (КТ1).**

1. КПД ступени турбины и факторы, влияющие на него
2. Предметная область БД "LAMBDA"

3. Предметная область БД "ALFA"
4. Компьютерная реализация баз данных
5. Определение границ участков с различными режимами течения потока в пограничном слое.
6. Уравнения гравитационной газовой динамики.
7. Схема Неймана-Рихтмайера.
8. Различные модификации метода частиц для решения уравнений газовой динамики.
9. Поверхности разрыва сильного и слабого.
10. Условия Гюгонио-Ренкена в разных системах координат.
11. Соотношения параметров на косом скачке, изменение энтропии.
12. Определение координаты начала перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный процесс.
13. Определение протяженности участков с отрывом пограничного слоя
14. Расчет коэффициентов теплоотдачи на участках профилей с различными режимами течения потока в пограничном слое
15. Учет влияния температурного фактора и продольной неизотермичности поверхности профильной части лопатки на локальный теплообмен
16. Программа ALFA для моделирования теплообмена между газом и профильной частью лопаток газовых турбин.
17. Реактивные и активные ступени
18. Лопаточный внутренний относительный КПД в программе САПР

**Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 2 (12-я неделя, ОПК-1). Вопросы для собеседования со студентами (КТ2).**

1. Определение координаты начала перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный процесс.
2. Определение протяженности участков с отрывом пограничного слоя
3. Расчет коэффициентов теплоотдачи на участках профилей с различными режимами течения потока в пограничном слое
4. Учет влияния температурного фактора и продольной неизотермичности поверхности профильной части лопатки на локальный теплообмен
5. Программа ALFA для моделирования теплообмена между газом и профильной частью лопаток газовых турбин.
6. Методика и численная реализация расчета параметров охладителя

7. Расчет коэффициентов гидравлического сопротивления в элементах систем охлаждения
8. Расчет коэффициентов теплоотдачи в элементах систем охлаждения
9. Расширение и модификация пользователем библиотеки подпрограмм по расчету значений коэффициентов гидравлического сопротивления и теплоотдачи для различных типов каналов.
10. Использование метода конечных элементов для моделирования температурного состояния охлаждаемых лопаток
11. Учет теплоотвода в каналах для выдува охладителя на поверхность лопаток с конвективно-пленочным охлаждением при моделировании их температурного состояния в двумерной постановке
12. Учет терм барьерных покрытий при моделировании температурного состояния охлаждаемых лопаток газовых турбин.
13. Расчет напряженного состояния охлаждаемых лопаток
14. Решение уравнений Чаплыгина для струйных задач.
15. Обтекание тонкого профиля дозвуковым линеаризованным потоком.
16. Косой скачок.
17. Уравнения газовой динамики и основные схемы их численного интегрирования.
18. Проектирование треугольников ускорений
19. Реактивные и активные ступени
20. Лопаточный внутренний относительный КПД в программе САПР.
21.

**Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 2 (12-я неделя, ПК-3). Вопросы для собеседования со студентами (КТ2).**

1. Классификация решеток турбомашин и их использование при проектировании
2. Расчет коэффициентов потерь
3. Коэффициент потерь на трение
4. Коэффициент кромочных потерь в рабочем колесе
5. Физическая природа концевых потерь
6. Практические методы расчета профильных потерь
7. Классификация решеток турбомашин и их использование при проектировании
8. Расчет коэффициентов потерь
9. Коэффициент потерь на трение
10. Коэффициент кромрочных потерь в рабочем колесе

11. Физическая природа концевых потерь

12. Практические методы расчета профильных потерь

13. Проектирование треугольников скоростей

14. Коэффициент кромрочных потерь в рабочем колесе

15. Закон подобия гиперзвукового обтекания тонких тел идеальным газом.

16. Конструкция ступени турбины

17. Лопаточный аппарат турбины ступени

18. Поверхности разрыва сильного и слабого

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации студентов (оценка знаний, умений, навыков-компетенций: ОПК-1, ПК-3)**

1. Общие сведения о моделированиях.
2. Компьютерное моделирование в физике.
3. Теплообмен в охлаждаемых лопатках газовых турбин как объект компьютерного моделирования
4. Теплообмен между газом и профильной частью лопаток
5. Расчет параметров охладителя в системах охлаждения лопаток газовых турбин
6. Моделирование температурного состояния охлаждаемых лопаток газовых турбин
7. Формулировка цели и постановка задач диссертационной работы
8. Поверхности разрыва сильного и слабого
9. Профили максимального аэродинамического качества в камере сгорания
10. Вариационные задачи сверхзвуковой газовой динамики.
11. Уравнение Рейнольдса и его связь с течением в рабочем колесе
12. Возможные пути замыкания уравнений Рейнольдса
13. Интегральные толщины слоя и их моделирование
14. Уравнение Прандлтя
15. Расчеты интегральных толщин
16. Отрыв пограничного слоя
17. Кризис сопротивления плохо обтекаемых тел
18. Конструкция ступени турбины
19. Лопаточный аппарат турбины ступени

20. Преобразование энергии в турбинной ступени
21. КПД ступени турбины и факторы, влияющие на него
22. Предметная область БД "LAMBDA"
23. Предметная область БД "ALFA"
24. Компьютерная реализация баз данных
25. Определение границ участков с различными режимами течения потока в пограничном слое.
26. Уравнения гравитационной газовой динамики.
27. Схема Неймана-Рихтмайера.
28. Различные модификации метода частиц для решения уравнений газовой динамики.
29. Поверхности разрыва сильного и слабого.
30. Условия Гюгонио-Ренкена в разных системах координат.
31. Соотношения параметров на косом скачке, изменение энтропии.
32. Определение координаты начала перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный процесс.
33. Определение протяженности участков с отрывом пограничного слоя
34. Расчет коэффициентов теплоотдачи на участках профилей с различными режимами течения потока в пограничном слое
35. Учет влияния температурного фактора и продольной неизотермичности поверхности профильной части лопатки на локальный теплообмен
36. Программа ALFA для моделирования теплообмена между газом и профильной частью лопаток газовых турбин.
37. Реактивные и активные ступени
38. Лопаточный внутренний относительный КПД в программе САПР
39. Определение координаты начала перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный процесс.
40. Определение протяженности участков с отрывом пограничного слоя
41. Расчет коэффициентов теплоотдачи на участках профилей с различными режимами течения потока в пограничном слое
42. Учет влияния температурного фактора и продольной неизотермичности поверхности профильной части лопатки на локальный теплообмен
43. Программа ALFA для моделирования теплообмена между газом и профильной частью лопаток газовых турбин.

44. Методика и численная реализация расчета параметров охладителя

45. Расчет коэффициентов гидравлического сопротивления в элементах систем охлаждения

46. Расчет коэффициентов теплоотдачи в элементах систем охлаждения

47. Расширение и модификация пользователем библиотеки подпрограмм по расчету значений коэффициентов гидравлического сопротивления и теплоотдачи для различных типов каналов.

48. Использование метода конечных элементов для моделирования температурного состояния охлаждаемых лопаток

49. Учет теплоотвода в каналах для выдува охладителя на поверхность лопаток с конвективно-пленочным охлаждением при моделировании их температурного состояния в двумерной постановке

50. Учет терм барьерных покрытий при моделировании температурного состояния охлаждаемых лопаток газовых турбин.

51. Расчет напряженного состояния охлаждаемых лопаток

52. Решение уравнений Чаплыгина для струйных задач.

53. Обтекание тонкого профиля дозвуковым линеаризованным потоком.

54. Косой скачок.

55. Уравнения газовой динамики и основные схемы их численного интегрирования.

56. Проектирование треугольников ускорений

57. Реактивные и активные ступени

58. Лопаточный внутренний относительный КПД в программе САПР

59. Классификация решеток турбомашин и их использование при проектировании

60. Расчет коэффициентов потерь

61. Коэффициент потерь на трение

62. Коэффициент кромочных потерь в рабочем колесе

63. Физическая природа концевых потерь

64. Практические методы расчета профильных потерь

65. Классификация решеток турбомашин и их использование при проектировании

66. Расчет коэффициентов потерь

67. Коэффициент потерь на трение

68. Коэффициент кромрочных потерь в рабочем колесе

69. Физическая природа концевых потерь

70. Практические методы расчета профильных потерь

71. Проектирование треугольников скоростей

72. Коэффициент кромрочных потерь в рабочем колесе

73. Закон подобия гиперзвукового обтекания тонких тел идеальным газом.

74. Конструкция ступени турбины

75. Лопаточный аппарат турбины ступени

76. Поверхности разрыва сильного и слабого

## Шкала оценивания ПРЕЗЕНТАЦИИ

| Дескрипторы | Минимальный ответ<br>2 | Изложенный, раскрытый ответ<br>3 | Законченный, полный ответ<br>4 | Образцовый, примерный; достойный подражания ответ 5 |
|---|---|---|---|---|
| Раскрытие проблемы | Проблема не раскрыта.<br>Отсутствуют выводы. | Проблема раскрыта не полностью.<br>Выводы не сделаны и/или выводы не обоснованы. | Проблема раскрыта. Проведен анализ проблемы без привлечения дополнительной литературы.<br>Не все выводы сделаны и/или обоснованы . | Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы с привлечением дополнительной литературы.<br>Выводы обоснованы. |
| Представление | Представляемая информация логически не связана.<br>Не использованы профессиональные термины. | Представляемая информация не систематизирована и/или не последовательна.<br>Использован 1-2 профессиональный термин. | Представляемая информация систематизирована и последовательна.<br>Использовано более 2 профессиональных терминов. | Представляемая информация систематизирована, последовательна и логически связана.<br>Использовано более 5 профессиональных терминов. |
| Оформление | Не использованы информационные технологии (PowerPoint).<br>Больше 4 ошибок в представляемой информации. | Использованы информационные технологии (PowerPoint) частично.<br>3-4 ошибки в представляемой информации. | Использованы информационные технологии (PowerPoint).<br>Не более2 ошибок в представляемой информации. | Широко использованы информационные технологии (PowerPoint).<br>Отсутствуют ошибки в представляемой информации. |
| Ответы на вопросы | Нет ответов на вопросы. | Только ответы на элементарные вопросы. | Ответы на вопросы полные и/или частично полные. | Ответы на вопросы полные с привидением примеров и/или |

## Паспорт компетенций

| **Моделирование задач тепломассообмена для энергоустановок** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ФГОС ВО 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» | | | | | |
| В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции: | | | | | |
| КОМПЕТЕНЦИИ | | Перечень компонентов | Технология формирования компетенций | Форма оценочного средства** | Степени уровней освоения компетенций |
| ИНДЕКС | ФОРМУЛИРОВКА | | | | |
| ОПК-1 | Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности | ЗНАТЬ:<br>- принципы подготовки расчётного эксперимента при моделировании теплообменных процессов.<br>УМЕТЬ:<br>- правильно выбирать расчётные модели и граничные условия.<br>ВЛАДЕТЬ:<br>- компьютерными программными продуктами и методами расчета стационарных и нестационарных температурных полей в конструкциях энергоустановок. | Контактная работа с обучающимися во время аудиторных занятий в форме лекций,<br>Самостоятельное изучение теоретического курса, подготовка к лабораторным работам<br>Демонстрация слайдов презентаций и видеороликов посредством мультимедийного оборудования | Вопросы для собеседования со студентами (КТ1)<br>Вопросы для собеседования со студентами (КТ2)<br><br>З | Минимальный: Обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями.<br><br>Базовый: Обучающийся демонстрирует результаты на уровне осознанного владения учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности.<br><br>Продвинутый: Достигнутый уровень является основой для формирования общекультурных и профессиональных компетенций, соответствующих требованиям ФГОС. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ПК-3 | Способен к проведению исследований в области проектирования энерго-установок | ЗНАТЬ:<br>- критерии оценки эффективности работы теплообменных устройств<br>УМЕТЬ:<br>-самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета турбомашин и применять их для решения поставленной задачи транспортных ГТД;<br>- использовать программы тепловых расчетов ступеней турбомашин ГТД.<br>ВЛАДЕТЬ:<br>-навыками дискуссии по профессиональной тематике<br>-терминологией в области тепловых процессов и передачи тепла. | | | |