Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 01.11.2023 12:40:26
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

«Теплообменные аппараты энергоустановок»

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

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора
2022

Москва 2022 г

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины – является формирование у учащихся знаний по устройству, алгоритму теплогидравлических расчетов и основам конструирования теплообменных аппаратов газотурбинных, паротурбинных установок и тепловых двигателей, акцентируясь на эксплуатации теплообменников в составе малоразмерных газотурбинных двигателей.
Задачи дисциплины:

- изучение основ теории и расчета различных теплообменных аппаратов;
- изучение современных и перспективных конструкций теплообменных устройств, применяемых в энергоустановках различной мощности;
- обучение студентов практическому выполнению термодинамических и теплогидравлических расчетов при проектировании энергоустановок.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина входит в блок Б.1 «Часть, формируемая участниками образовательных отношений», подраздел Б.1.2.06

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Термодинамика», «Теория тепломассообмена в энергетических установках» и «Техническая газовая динамика для тепловых двигателей».

Наименования последующих дисциплин: «Моделирование задач тепломассообмена для энергоустановок», «Экологические проблемы наземных энергоустановок», «Схемы и характеристики энергетических установок», «Конструирование, динамика и прочность энергетических машин и установок».

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

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-3	Способен к проведению исследований в области проектирования энергоустановок	**ЗНАТЬ:** Научные основы оценки эффективности работы теплообменных устройств различных типов и назначений для энергоустановок. **УМЕТЬ:** Применить критерии оценки технического уровня теплообменных устройств энергоустановок. **ВЛАДЕТЬ:** Методами расчета и проектирования теплообменных устройств для преобразования различных форм энергии.

ОПК-5	Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	**ЗНАТЬ:** Достижения науки и техники, мировой опыт в проектировании теплообменных устройств, их возможности и недостатки, методы оптимизации конструкции для разработки конкурентных решений. **УМЕТЬ:** Формулировать техническое задание на разработку деталей и узлов, устройств и систем, обеспечивающих теплообмен. Выбирать эффективные технические решения, проектировать теплообменники с заданными параметрами и характеристиками, решать экологические проблемы. **ВЛАДЕТЬ:** Навыками проведения расчетов теплообменных устройств с помощью современных программ.

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 - 4 зачетные единицы
Общее количество часов по структуре – 144
Количество аудиторных часов – 54
Количество часов самостоятельной работы – 90
Количество часов лекций – 36
Количество часов лабораторных занятий – 0
Количество часов семинаров и практических занятий – 18

4.1 Содержание лекционного курса дисциплины

Раздел
1. ГТУ и ГТД в энергетике, теплоснабжении, транспорте Схемы ГТУ, назначение основных элементов. Особенности использования ГТУ в качестве энергетической установки транспортного средства (преимущества и недостатки по сравнению с поршневыми двигателями).
2. Повышение топливной экономичности ГТД Карнотизация цикла. Регенерация тепла отработавших газов: тепловые диаграммы циклов ГТУ без теплообменника и с теплообменником. Влияние теплообменника на топливную экономичность, стоимость, срок службы, габариты и т.д.

3. Классификация теплообменников По способу переноса тепла: рекуператоры и регенераторы. По схеме взаимного направления потоков теплоносителей: прямоток, противоток, перекрестный ток, многоходовой перекрестный ток при общем противоточном движении, зет- и икс-образные схемы.
4. Поверхности теплообмена Гладкотрубная поверхность теплообмена. Трубчато-ребристая поверхность теплообмена. Пластинчатая поверхность теплообмена. Пластинчато-ребристая поверхность теплообмена. Поверхности с пропускной способностью (насадочные поверхности): сетчатая, пористая поверхность теплообмена, насыпная матрица.
5. Характеристики поверхностей теплообмена Гидравлический (эквивалентный) диаметр. Коэффициент фронтового сечения (коэффициент фронта). Коэффициент компактности.
6. Теплоотдача теплообменных аппаратов поверхностного типа Использование теория подобия для процессов теплообмена. Средний и местный коэффициенты теплоотдачи. Критерии подобия. Решение внутренней задачи теплообмена с помощью критериальных уравнений. Коэффициент эффективности ребра. Коэффициент эффективности оребренной поверхности, коэффициент теплоотдачи через оребренную поверхность. Получение эффекта от оребрения, ребро минимальной массы.
7. Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов Гидравлическое сопротивление матрицы. Составляющие потерь давления.
8.Теплогидравлические характеристики типовых поверхностей теплообмена Влияние свойств теплоносителя на основные показатели теплообменника. Влияние загрязнения на теплогидравлические характеристики поверхности теплообмена.
9. Особенности теплогидравлического расчета рекуператоров Среднеинтегральный температурный напор, его значение при противотоке при равенстве водяных эквивалентов. Эффективность теплообменника. Число единиц переноса теплоты. Последовательность расчета рекуператора при прямой задаче. Последовательность расчета рекуператора при обратной задаче.
10. Теплообменные аппараты регенеративного типа Особенности использования среднеинтегрального температурного напора при расчете регенератора. Дисковые регенераторы. Методика расчета дискового вращающегося регенератора.

11. Основы конструирования теплообменников Конструкция современных теплообменников с неподвижной матрицей: используемые материалы, методы изготовления, примеры выполненных конструкций, соединительные трубопроводы, компоновочные решения. Конструкция современных теплообменников роторного типа: способы уплотнений и обеспечение надежности их работы, привод, используемые материалы и методы изготовления, примеры выполнения конструкций, особенности конструкции теплообменников некоторых фирм.
12. Характеристики теплообменников Обобщенные характеристики. Основы расчета переходных режимов теплообменника. Технико-экономические требования к теплообменным аппаратам.

4.2 Содержание практических занятий

Практическая работа 1 по теме № 1 «Общие сведения о проектировании, изготовлении, монтаже и пуске в эксплуатацию теплообменных аппаратов»
Практическая работа 2 по теме № 1 «Выбор варианта схемы движения теплоносителя»
Практическая работа 3 по теме № 1 «Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов»
Практическая работа 4 по теме № 1 «Компоновка и выбор типа поверхности»
Практическая работа 5 по теме № 1 «Тепловой расчет теплообменных аппаратов»
Практическая работа 6 по теме № 1 «Расчёт теплообменного аппарата при заданных значениях потери давления газообразных теплоносителей»
Практическая работа 7 по теме № 2 «Расчет теплообменного аппарата при заданной площади поверхности теплообмена»
Практическая работа 8 по теме № 2 «Согласование параметров теплообменного аппарата с параметрами теплоустановки»
Практическая работа 9 по теме № 2 «Выбор оптимальной степени регенерации»
Практическая работа 10 по теме № 2 «Оптимальное распределение суммарной площади поверхности теплообмена между теплообменными аппаратами ГТУ замкнутого цикла»
Практическая работа 11 по теме № 2 «Расчет на прочность элементов конструкции теплообменных аппаратов»
Практическая работа 12 по теме № 2 «Конструирование кожухотрубных аппаратов»
Практическая работа 13 по теме № 3 «Компоновка трубных пучков трубчатых теплообменников»
Практическая работа 14 по теме № 3 «Гидравлический расчёт системы охлаждения»
Практическая работа 15 по теме № 3 «Расчёт интеркуллера агрегата турбонаддува ДВС»
Практическая работа 16 по теме № 3 «Теплогидравлический расчёт вращающегося регенератора ГТД с сетчатыми пакетами»
Практическая работа 17 по теме № 3 «Теплргидравлический расчёт вращающегося регенератора ГТД с ленточно-щелевыми пакетами»
Практическая работа 18 по теме № 3 «Техническое обслуживание и ремонт теплообменных аппаратов»

4.3 Содержание лабораторных работ

Лабораторные работы в данной дисциплине не предусмотрены.

4.4 Примерная тематика курсового проекта (курсовой работы)

Курсовой проект в данной дисциплине не предусмотрен.

4.5 Темы для самостоятельной работы студентов

В рамках самостоятельной работы учащиеся готовят рефераты, используя и изучая как современные печатные издания научно-технической литературы, в том числе периодические издания, так и интернет-ресурсы.

Защита рефератов строится по принципу беседы по материалам реферата, в ходе которой студент должен показать усвоение собранного материала, системность полученных знаний, их правильность, подтвердить самостоятельность проделанной работы. Некоторые учащиеся (по же-

ланию) могут выступить в отведенное на аудиторных занятиях время по основному содержанию реферата с последующей групповой дискуссией в пределах научной компетенции учащихся.

Предварительная общая тематическая направленность **рефератов**, охватывает следующие разделы:

1. Особенности теплогидравлического расчета рекуператоров.
2. Теплообменные аппараты регенеративного типа.
3. Основы конструирования теплообменников.
4. Характеристики теплообменников.

Самостоятельная работа предполагает поиск учащимися материалов по основам расчета, конструкции, основам технологии изготовления теплообменников ГТУ, оптимизации эксплуатационных характеристик и т.п., а также материалов, содержащих решения ряда практических задач, возникших при эксплуатации теплообменников, при этом учитывается практический опыт зарубежного и отечественного энергомашиностроения.

Формулировка темы конкретизируется с учетом типа теплообменника, условий эксплуатации, достигнутых показателей, требуемых характеристик, формулировки задачи и полученного решения, производителя (страны), и т.п., например:

1. Теплообменники микротурбин привода автономных генераторов газопроводов.
2. Теплообменники масляной системы ГТД.
3. Теплообменник гибридной электростанции с топливными элементами и ГТД.
4. Теплообменник многоцелевого двигателя типа «микротурбо».
5. Роторный теплообменник с щелевыми теплопередающими элементами.
6. Повышение эффективности пластинчатых теплообменников изменением расхода теплоносителя по сечению теплообменника.
7. Компактный регенератор вспомогательного ГТД городского троллейбуса.
8. Тепловая деформация керамического каркаса роторного теплообменника.
9. Теплообменник газотурбинной установки для передвижной теплоэлектростанции.
10. Теплообменник газотурбинного двигателя для газоперекачивающего агрегата.
11. Пластинчатые теплообменники для охлаждения воздуха турбокомпрессоров.
12. Теплообменники пиковых ГТУ для малой энергетики.
13. Теплообменники двойного каскада вспомогательных ГТУ для автомобильных тепловых двигателей.
14. Тенденции применения неметаллических материалов при производстве регенераторов.
15. Тепловая эффективность рекуператора с изменяемой схемой течения теплоносителя.
16. Определение тепловых деформаций регенератора с помощью инженерных комплексов, реализующих МКЭ.
17. Кинематические схемы привода дисковых теплообменников ГТД семейства ГАЗ.

5. Образовательные технологии

Для обучения дисциплине выбраны следующие образовательные технологии.

Контактная работа с обучающимися во время аудиторных занятий в форме лекций. 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.

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 2 к ней.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2011. — 374 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2014.
2. Сахин, В.В. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2. Газовые турбины. Теплообменные аппараты: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. — 133 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/75162

б) дополнительная литература:

1. Кустарев Ю.С., Кузнецов В.В. Расчет воздухоохладителей турбопоршневых двигателей. – М.: МГТУ «МАМИ», 2002г.
2. Родькин К.П. Тепловые характеристики теплообменника с компактными теплопередающими поверхностями для энергоустановок. – М.: МГТУ «МАМИ», 2010г.
3. Меркулов В.И. Теплообменники энергетических установок
курс лекций, МГТУ «МАМИ», 2012г.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

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 (Open Access).

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, подключенного к Интернет.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1.Аудитория для лабораторных занятий № Нд-126 «Испытания теплообменных аппаратов энергоустановок».107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13. Лабораторное оборудование: «Настройка топливного насос-регулятора ГТД», «Выполнение прототипирования узлов и деталей турбомашин».

2.Аудитория для лекционных и семинарских занятий № Нд-324 (а) «Учебная аудитория» 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13. Комплекты мебели для учебного процесса. Меловая доска.Лабораторное оборудование: «Исследования теплопередачи свободной конвекции», «Нестационарная теплопроводность в стальных шарах».

Мультимедийное оборудование: интерактивная доска, проектор, переносной ноутбук.

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.

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:

Старший преподаватель  /А.А. Дементьев/

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

«29» августа 2022г., протокол № 1

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

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: очная
Год набора 2022

Кафедра: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Теплообменные аппараты 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:
А.А. Дементьев

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-5	Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов 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. Освоение дисциплины заканчивается экзаменом.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 1 (3-я неделя ОПК-5). Вопросы для собеседования со студентами (КТ1).

1. ГТУ и ГТД в энергетике, теплоснабжении, на транспорте.
2. Схемы ГТУ, назначение основных элементов.
3. Особенности использования ГТУ в качестве энергетической установки транспортного средства (преимущества и недостатки по сравнению с поршневыми двигателями).
4. Карнотизация цикла. Регенерация тепла отработавших газов: тепловые диаграммы циклов ГТУ без теплообменника и с теплообменником.
5. Влияние теплообменника на топливную экономичность, стоимость, срок службы, габариты.
6. Класификация теплообменников по схеме взаимного направления потоков теплоносителей: прямоток, противоток, перекрестный ток, многоходовой перекрестный ток при общем противоточном движении, зет- и икс-образные схемы.
7. Классификация теплообменников по способу переноса тепла: рекуператоры и регенераторы.
8. Поверхности с пропускной способностью (насадочные поверхности): сетчатая, пористая поверхность теплообмена, насыпная матрица.
9. Поверхности теплообмена. Гладкотрубная поверхность теплообмена.
10. Трубчато-ребристая поверхность теплообмена.
11. Пластинчатая поверхность теплообмена.
12. Пластинчато-ребристая поверхность теплообмена.
13. Характеристики поверхностей теплообмена.
14. Гидравлический (эквивалентный) диаметр.
15. Коэффициент фронтового сечения (коэффициент фронта).
16. Коэффициент компактности.
17. Составляющие потерь давления.
18. Коэффициент компактности.
19. Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов.
20. Гидравлическое сопротивление матрицы.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 2 (6-я неделя ПК-3). Вопросы для собеседования со студентами (КТ2).

1. Получение эффекта от оребрения, ребро минимальной массы.
2. Теплоотдача теплообменных аппаратов поверхностного типа.
3. Использование теория подобия для процессов теплообмена.
4. Средний и местный коэффициенты теплоотдачи.
5. Критерии подобия.
6. Решение внутренней задачи теплообмена с помощью критериальных уравнений.
7. Коэффициент эффективности ребра.
8. Коэффициент эффективности оребренной поверхности, коэффициент теплоотдачи через оребренную поверхность.
9. Влияние загрязнения на теплогидравлические характеристики поверхности теплообмена.
10. Теплогидравлические характеристики типовых поверхностей теплообмена
11. Влияние свойств теплоносителя на основные показатели теплообменника.
12. Методика расчета дискового вращающегося регенератора.

13.Особенности теплогидравлического расчета рекуператоров
14.Среднеинтегральный температурный напор, его значение при противотоке при равенстве водяных эквивалентов.
15.Эффективность теплообменника. Число единиц переноса теплоты.
16.Последовательность расчета рекуператора при прямой задаче.
17.Последовательность расчета рекуператора при обратной задаче.
18.Теплообменные аппараты регенеративного типа
19.Особенности использования среднеинтегрального температурного напора при расчете регенератора.
20.Дисковые регенераторы.
21.Обобщенные характеристики. Основы расчета переходных режимов теплообменника.
22.Технико-экономические требования к теплообменным аппаратам.
23.Характеристики теплообменников
24.Основы конструирования теплообменников.
25.Конструкция современных теплообменников с неподвижной матрицей: используемые материалы, методы изготовления, примеры выполненных конструкций, соединительные трубопроводы, компоновочные решения.
26.Конструкция современных теплообменников роторного типа: способы уплотнений и обеспечение надежности их работы, привод, используемые материалы и методы изготовления, примеры выполнения конструкций, особенности конструкции теплообменников некоторых фирм.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации студентов (оценка знаний, умений, навыков-компетенций: ОПК-5, ПК-3)

1. ГТУ и ГТД в энергетике, теплоснабжении, на транспорте.
2. Схемы ГТУ, назначение основных элементов.
3.Особенности использования ГТУ в качестве энергетической установки транспортного средства (преимущества и недостатки по сравнению с поршневыми двигателями).
4. Карнотизация цикла. Регенерация тепла отработавших газов: тепловые диаграммы циклов ГТУ без теплообменника и с теплообменником.
5.Влияние теплообменника на топливную экономичность, стоимость, срок службы, габариты.
6. Класификация теплообменников по схеме взаимного направления потоков теплоносителей: прямоток, противоток, перекрестный ток, многоходовой перекрестный ток при общем противоточном движении, зет- и икс-образные схемы.
7.Классификация теплообменников по способу переноса тепла: рекуператоры и регенераторы.
8.Поверхности с пропускной способностью (насадочные поверхности): сетчатая, пористая поверхность теплообмена, насыпная матрица.
9.Поверхности теплообмена. Гладкотрубная поверхность теплообмена.
10.Трубчато-ребристая поверхность теплообмена.
11.Пластинчатая поверхность теплообмена.
12.Пластинчато-ребристая поверхность теплообмена.
13.Характеристики поверхностей теплообмена.
14.Гидравлический (эквивалентный) диаметр.
15.Коэффициент фронтового сечения (коэффициент фронта).
16.Коэффициент компактности.
17.Составляющие потерь давления.
18.Коэффициент компактности.
19.Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов.
20.Гидравлическое сопротивление матрицы.
21.Получение эффекта от оребрения, ребро минимальной массы.
22. Теплоотдача теплообменных аппаратов поверхностного типа.
23. Использование теория подобия для процессов теплообмена.

24.Средний и местный коэффициенты теплоотдачи.
25.Критерии подобия.
26.Решение внутренней задачи теплообмена с помощью критериальных уравнений.
27.Коэффициент эффективности ребра.
28.Коэффициент эффективности оребренной поверхности, коэффициент теплоотдачи через оребренную поверхность.
29.Влияние загрязнения на теплогидравлические характеристики поверхности теплообмена.
30.Теплогидравлические характеристики типовых поверхностей теплообмена
31.Влияние свойств теплоносителя на основные показатели теплообменника.
32. Методика расчета дискового вращающегося регенератора.
33.Особенности теплогидравлического расчета рекуператоров
34.Среднеинтегральный температурный напор, его значение при противотоке при равенстве водяных эквивалентов.
35.Эффективность теплообменника. Число единиц переноса теплоты.
36.Последовательность расчета рекуператора при прямой задаче.
37.Последовательность расчета рекуператора при обратной задаче.
38.Теплообменные аппараты регенеративного типа
39.Особенности использования среднеинтегрального температурного напора при расчете регенератора.
40.Дисковые регенераторы.
41.Обобщенные характеристики. Основы расчета переходных режимов теплообменника.
42.Технико-экономические требования к теплообменным аппаратам.
43.Характеристики теплообменников
44.Основы конструирования теплообменников.
45.Конструкция современных теплообменников с неподвижной матрицей: используемые материалы, методы изготовления, примеры выполненных конструкций, соединительные трубопроводы, компоновочные решения.
46.Конструкция современных теплообменников роторного типа: способы уплотнений и обеспечение надежности их работы, привод, используемые материалы и методы изготовления, примеры выполнения конструкций, особенности конструкции теплообменников некоторых фирм.

Примерная тематика рефератов:

1. Теплообменники микротурбин привода автономных генераторов газопроводов.
2. Теплообменники масляной системы ГТД.
3. Теплообменник гибридной электростанции с топливными элементами и ГТД.
4. Теплообменник многоцелевого двигателя типа «микротурбо».
5.Роторный теплообменник с щелевыми теплопередающими элементами.
6. Повышение эффективности пластинчатых теплообменников изменением расхода теплоносителя по сечению теплообменника.
7. Компактный регенератор вспомогательного ГТД городского троллейбуса.
8. Тепловая деформация керамического каркаса роторного теплообменника.
9. Теплообменник газотурбинной установки для передвижной теплоэлектростанции.
10. Теплообменник газотурбинного двигателя для газоперекачивающего агрегата.
11. Пластинчатые теплообменники для охлаждения воздуха турбокомпрессоров.
12. Теплообменники пиковых ГТУ для малой энергетики.
13. Теплообменники двойного каскада вспомогательных ГТУ для автомобильных тепловых двигателей.
14. Тенденции применения неметаллических материалов при производстве регенераторов.
15. Тепловая эффективность рекуператора с изменяемой схемой течения теплоносителя.

16. Определение тепловых деформаций регенератора с помощью инженерных комплексов, реализующих МКЭ.
17. Кинематические схемы привода дисковых теплообменников ГТД семейства ГАЗ

Шкала оценивания ПРЕЗЕНТАЦИИ

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

Теплообменные аппараты 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				
ПК-3	Способен к проведению исследований в области проектирования энергоустановок	**ЗНАТЬ:** Научные основы оценки эффективности работы теплообменных устройств различных типов и назначений для энергоустановок. **УМЕТЬ:** Применить критерии оценки технического уровня теплообменных устройств энергоустановок. **ВЛАДЕТЬ:** Методами расчета и проектирования теплообменных устройств для преобразования различных форм энергии.	Контактная работа с обучающимися во время аудиторных занятий в форме лекций, лабораторных работ. Самостоятельное изучение теоретического курса, подготовка к лабораторным работам Демонстрация слайдов презентаций и видеороликов посредством мультимедийного оборудования	Вопросы для собеседования со студентами (КТ1) Вопросы для промежуточной аттестации реферат Э	Минимальный: Обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями. Базовый: Обучающийся демонстрирует результаты на уровне осознанного владения учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности. Продвинутый: Достигнутый уровень является основой для формирования общекультурных и профессиональных компетенций, соответствующих требованиям ФГОС.

ОПК-5	Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	**ЗНАТЬ:** Достижения науки и техники, мировой опыт в проектировании теплообменных устройств, их возможности и недостатки, методы оптимизации конструкции для разработки конкурентных решений. Методы анализа и выбора их конструкции. **УМЕТЬ:** Формулировать техническое задание на разработку деталей и узлов, устройств и систем, обеспечивающих теплообмен. Выбирать эффективные технические решения, проектировать теплообменники с заданными параметрами и характеристиками, решать экологические проблемы. **ВЛАДЕТЬ:** Навыками проведения расчетов теплообменных устройств с помощью	Контактная работа с обучающимися во время аудиторных занятий в форме лекций, лабораторных работ. Самостоятельное изучение теоретического курса, подготовка к лабораторным работам Демонстрация слайдов презентаций и видеороликов посредством мультимедийного оборудования	Вопросы для собеседования со студентами (КТ2) Вопросы для промежуточной аттестации реферат Э	Минимальный: Обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями. Базовый: Обучающийся демонстрирует результаты на уровне осознанного владения учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности. Продвинутый: Достигнутый уровень является основой для формирования общекультурных и профессиональных компетенций, соответствующих требованиям ФГОС.