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

«Техническая газовая динамика для тепловых двигателей»

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 – подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению «Энергетическое машиностроение» и становление специалистов в области механики сплошной среды.
Задачи дисциплины:
Овладение основными принципами и законами газовой динамики, а также освоение на базе этих законов расчетных зависимостей;
Изучение принципов работы газодинамических систем, используемых для обеспечения работы двигателей внутреннего сгорания, а также методов расчета этих систем;
Изучение теории, и её практического применения для расчёта течений в элементах турбомашин и других агрегатах, образующих проточную часть транспортных и стационарных газотурбинных установок, и двигателей (компрессоры, камеры сгорания, турбины, теплообменные аппараты).

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина входит в блок Б.1 «Обязательная часть», подраздел Б.1.1.22

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Высшая математика», «Физика», «Термодинамика для энергетических машин», «Химия».

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при изучении таких дисциплин как: «Конструирование, динамика и прочность энергетических машин и установок», «Компьютерное моделирование теплотехнических задач в теплообменных устройствах», «Теория и расчет лопаточных машин».

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

Планируемые результаты освоения дисциплины

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-3	Способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	**ЗНАТЬ:** -Основы проектирования газодинамических систем для энергоустановок. **УМЕТЬ**: -Решать теоретические задачи, используя основные законы газовой динамики с учетом практического опыта данного направления науки. **ВЛАДЕТЬ**: -Методами математического моделирования работы отдельных звеньев реальных газодинамических систем и технических объектов в целом.

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 необхо-

димыми 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 4-5 семестре
Промежуточная аттестация – зачет на 4 семестре, экзамен на 5 семестре
Общая трудоемкость дисциплины - 6 зачетных единиц
Общее количество часов по структуре - 216
Количество аудиторных часов - 108
Количество часов самостоятельной работы - 108
Количество часов лекций - 54
Количество часов лабораторных занятий - 54
Количество часов семинаров и практических занятий - 0

4.1. Содержание лекционного курса дисциплины

4 семестр
Введение в газовую динамику и ее специфика применительно к расчетам и проектированию тепловых двигателей.
Параметры состояния газовой среды. Уравнение состояния. Закон трения Ньютона применительно к тепловым двигателям.
Моделирование перемещения газообразной частицы в тракте газотурбинного двигателя. Скорость угловой деформации и угловая скорость потока газа при расчете турбомашин. Линейные деформации для потока газа в тракте ГТУ. Уравнение неразрывности для тепловых машин.
Уравнение Эйлера и преобразование Громеки-Лэмба применительно к тепловым двигателям.
Уравнение Навье-Стокса и его применение при газодинамических расчетах турбомашин.
Уравнения движения элементарной струйки газа и его применение при расчете газотурбинных установок. Уравнение Эйлера о количестве движения и уравнение Эйлера о моменте количества движения для расчетов тепловых двигателей. "Турбинное" уравнение Эйлера. Схема плоского вихря и турбулентное течение для тепловых машин.
Уравнение энергии элементарной струйки газа для тепловых двигателей. Уравнение энергии в механической форме и в форме энтальпии. Параметры торможения потока газа в турбомашинах. Газодинамические функции параметров торможения для турбомашин.
Уравнение обращения воздействий для газотурбинных двигателей. Геометрическое, расходное, механическое, тепловое воздействия и воздействие трения для турбомашин.
Гидравлические сопротивления для воздуха и газа в трактах тепловых двигателей и их фильтрах. Местные сопротивления для тепловых двигателей. Квадратичные сопротивления для тепловых двигателей. Комбинированные сопротивления для тепловых двигателей. Линейные сопротивления для тепловых двигателей.
Уравнение расхода в газодинамической форме для турбомашин. Уравнение импульсов, преобразование Б.М.Киселёва для цикличиских двигателей. Газодинамические функции потока массы и потока импульса при тепловых расчетах турбомашин.
Расчёт течений в соплах и диффузорах газотурбинных установок, и агрегатов наддува.

5 семестр
Сопло Лаваля и его применение при проектировании турбомашин. Расчётное и нерасчётное истечение рабочего тела из сопла Лаваля и анализ течений при расчетах турбомашин.
Сверхзвуковые течения при расчетах осевых и центробежных компрессоров. Ударная волна, помпаж при расчете турбокомпрессора. Прямые скачки уплотнения (ПСУ) при расчетах турбомашин. Основные кинематическое и динамическое соотношения для ПСУ при расчетах проточных частей газотурбинных двигателей.
Изменение параметров потока при переходе через ПСУ при вариантных расчетах турбомашин.

Косые скачки уплотнения (КСУ) при расчетах турбомашин. Фронт КСУ для расчета турбомашин. Слабые возмущения и конус Маха при газодинамических расчетах турбомашин. Сверхзвуковые диффузоры газотурбинных двигателей.
Обтекание внешнего тупого угла сверхзвуковым потоком (течение Прандтля-Майера) при проектировании проточных частей газотурбинных двигателей.
Основы теории плоского потока для рабочего тела теплового двигателя. Циркуляция скорости потока газа в проточной части турбокомпрессора.
Теорема Жуковского о подъёмной силе применительно к турбореактивным двигателям. Постулат Жуковского-Чаплыгина для тепловых двигателей. Обтекание решётки профилей в рабочих колесах турбомашин.
Основные положения теории пограничного слоя при выполнении газодинамических расчетов рабочих колес турбомашин. Дифференциальные уравнения пограничного слоя Л. Прандтля для турбомашин. Условные толщины пограничного слоя – толщина вытеснения и толщина потери импульса для выполнения газодинамического расчета газотурбинного двигателя.
Расчёт ламинарного пограничного слоя на плоской пластине в теплообменниках тепловых двигателей. Точное решение Блазиуса применительно к тепловым двигателям. Интегральное соотношение Кармана для расчета турбомашин.
Основные понятия турбулентности при течении рабочих тел в проточных частях турбомашин.
Турбулентный пограничный слой при расчете течений в компрессоре и турбине ГТУ.
Основные понятия о струйных течениях применительно к тепловым двигателям.

4.2. Содержание практических занятий
Расчёт геометрии сопла Лаваля.
Расчёт параметров газа, протекающего через сопло Лаваля.

4.3. Содержание лабораторных работ
Режимы течения воздуха и газа в улитках компрессора и турбины газотурбинной установки.
Движение газа в проточной части двухвального ГТД.
Определение коэффициентов сопротивления трения и местных гидравлических сопротивлений во впускном и выпускном тракте ГТД.
Совместная работа центробежного компрессора и ВНА.
Исследование течения газа через РСА тяговой турбины двухвального ГТД.
Моделирование течения двухфазного потока в каналах рекуператов одновальных ГТД.
Исследование течения рабочего тела в сопле Лаваля.
Снятие напорных характеристик в компрессоре ГТД.
Снятие основных газодинамических параметров на безмоторном стенде для агрегата наддува.
Иследование гидравлических сопротивлений при течении воздуха через регенератор ГТУ.

4.4. Примерная тематика курсового проекта (курсовой работы)
Курсовой проект в данной дисциплине не предусмотрен.

4.5. Темы для самостоятельной работы студентов
РГР 1 – Газодинамический расчет центробежного компрассора АГТД.
РГР 2 – Газодинамический расчет осевой турбины АГТД.
РГР 3 – Моделирование течений в проточной части газотурбинного двигателя.

5. Образовательные технологии

Для обучения дисциплине выбраны следующие образовательные технологии.

Контактная работа с обучающимися во время аудиторных занятий в форме лекций, лабораторных и практических работ. 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.
Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Газовая динамика для энергетических установок и их систем» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

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:

Газовая динамика. Избранное. Т. 1. Физматлит, 2005г.

б) дополнительная литература:

Эммиль М.В. "Практические занятия по газовой динамике". Методическое руководство. МГТУ МАМИ", 2012. – 21 с.
Эммиль М.В. "Течение воздуха в сопле Лаваля". Методическое руководство к выполнению лабораторной работы по курсу "Механика жидкости и газа". МГТУ "МАМИ", 2012. – 22 с.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее ПО: Операционная система, Windows 7(или ниже), Офисные приложения, Microsoft Office 2013(или выше).
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 онлайн 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

Специализированная аудитория № Нд-228 «Лаборатория кафедры» 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

Лабораторное оборудование: «Стенд для испытания сопла Лаваля».

Аудитория для лекционных и семинарских занятий № Н-406 «Класс конструкции газотурбинных двигателей» 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.12

Специализированная аудитория № Нд-229 «Лаборатория кафедры» 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

Лабораторное оборудование: Макет турбореактивного газотурбинного двигателя (Р-15Б-300).

Комплекты мебели для учебного процесса. Меловая доска. Макет двухвальной микротурбины. Макет трехвальной микротурбины. Макет трехвального танкового газотурбинного двигателя. Плакаты: ГТД 1000Т и теплообменник ГТД ГАЗ-902.

Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, переносной ноутбук.

Аудитория для лекционных и семинарских занятий № Нд-324 (а) «Учебная аудитория» 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

Лабораторное оборудование: «Исследования теплопередачи свободной конвекции», «Нестационарная теплопроводность в стальных шарах».

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 (лабораторных) 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 обу-

чения, 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: очная
Год набора 2022

Кафедра: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Техническая газовая динамика для тепловых двигателей

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-3	Способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

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.

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

Для 4 семестра

1.Параметры состояния газовой среды.
2.Уравнение состояния. Закон трения Ньютона применительно к тепловым двигателям.
3.Моделирование перемещения газообразной частицы в тракте газотурбинного двигателя.
4.Скорость угловой деформации и угловая скорость потока газа при расчете турбомашин.
5.Линейные деформации для потока газа в тракте ГТУ.
6.Уравнение неразрывности для тепловых машин.
7.Уравнение Эйлера и преобразование Громеки-Лэмба применительно к тепловым двигателям.
8.Уравнение Навье-Стокса и его применение при газодинамических расчетах турбомашин.
9.Уравнения движения элементарной струйки газа и его применение при расчете газотурбинных установок.
10.Уравнение Эйлера о количестве движения и уравнение Эйлера о моменте количества движения для расчетов тепловых двигателей.
11. "Турбинное" уравнение Эйлера.
12.Схема плоского вихря и турбулентное течение для тепловых машин.
13.Уравнение энергии элементарной струйки газа для тепловых двигателей.

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

Для 4 семестра

14.Уравнение энергии в механической форме и в форме энтальпии.
15.Параметры торможения потока газа в турбомашинах.
16.Газодинамические функции параметров торможения для турбомашин.
17.Уравнение обращения воздействий для газотурбинных двигателей.
18.Геометрическое, расходное, механическое, тепловое воздействия и воздействие трения для турбомашин.
19.Гидравлические сопротивления для воздуха и газа в трактах тепловых двигателей и их фильтрах.
20.Местные сопротивления для тепловых двигателей.
21.Квадратичные сопротивления для тепловых двигателей.
22. Комбинированные сопротивления для тепловых двигателей.
23.Линейные сопротивления для тепловых двигателей.
24.Уравнение расхода в газодинамической форме для турбомашин.
25.Уравнение импульсов, преобразование Б.М.Киселёва для цикличиских двигателей.
26.Газодинамические функции потока массы и потока импульса при тепловых расчетах турбомашин.
27.Расчёт течений в соплах и диффузорах газотурбинных установок, и агрегатов наддува.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 2 (6-я неделя, ОПК-3). Вопросы для собеседования со студентами (КТ2)
Для 5 семестра

1.Сопло Лаваля и его применение при проектировании турбомашин.
2.Расчётное и нерасчётное истечение рабочего тела из сопла Лаваля и анализ течений при расчетах турбомашин.
3.Сверхзвуковые течения при расчетах осевых и центробежных компрессоров.
4.Ударная волна, помпаж при расчете турбокомпрессора.
5.Прямые скачки уплотнения (ПСУ) при расчетах турбомашин.
6.Основные кинематическое и динамическое соотношения для ПСУ при расчетах проточных частей газотурбинных двигателей.
7.Изменение параметров потока при переходе через ПСУ при вариантных расчетах турбомашин.
8.Косые скачки уплотнения (КСУ) при расчетах турбомашин.
9.Фронт КСУ для расчета турбомашин.
10.Слабые возмущения и конус Маха при газодинамических расчетах турбомашин.
11.Сверхзвуковые диффузоры газотурбинных двигателей.
12.Обтекание внешнего тупого угла сверхзвуковым потоком (течение Прандтля-Майера) при проектировании проточных частей газотурбинных двигателей.
13.Основы теории плоского потока для рабочего тела теплового двигателя.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 2 (12-я неделя, ОПК-3). Вопросы для собеседования со студентами (КТ2)
Для 5 семестра

14.Циркуляция скорости потока газа в проточной части турбокомпрессора.
15.Теорема Жуковского о подъёмной силе применительно к турбореактивным двигателям.
16.Постулат Жуковского-Чаплыгина для тепловых двигателей.
17.Обтекание решётки профилей в рабочих колесах турбомашин.
18.Основные положения теории пограничного слоя при выполнении газодинамических расчетов рабочих колес турбомашин.
19.Дифференциальные уравнения пограничного слоя Л. Прандтля для турбомашин.
20.Условные толщины пограничного слоя – толщина вытеснения и толщина потери импульса для выполнения газодинамического расчета газотурбинного двигателя.
21.Расчёт ламинарного пограничного слоя на плоской пластине в теплообменниках тепловых двигателей.
22.Точное решение Блазиуса применительно к тепловым двигателям.
23.Интегральное соотношение Кармана для расчета турбомашин.
24.Основные понятия турбулентности при течении рабочих тел в проточных частях турбомашин.
25.Турбулентный пограничный слой при расчете течений в компрессоре и турбине ГТУ.
26.Основные понятия о струйных течениях применительно к тепловым двигателям.

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

Для 4 семестра

1.Параметры состояния газовой среды.
2.Уравнение состояния. Закон трения Ньютона применительно к тепловым двигателям.
3.Моделирование перемещения газообразной частицы в тракте газотурбинного двигателя.
4.Скорость угловой деформации и угловая скорость потока газа при расчете турбомашин.
5.Линейные деформации для потока газа в тракте ГТУ.
6.Уравнение неразрывности для тепловых машин.

7.Уравнение Эйлера и преобразование Громеки-Лэмба применительно к тепловым двигателям.
8.Уравнение Навье-Стокса и его применение при газодинамических расчетах турбомашин.
9.Уравнения движения элементарной струйки газа и его применение при расчете газотурбинных установок.
10.Уравнение Эйлера о количестве движения и уравнение Эйлера о моменте количества движения для расчетов тепловых двигателей.
11. "Турбинное" уравнение Эйлера.
12.Схема плоского вихря и турбулентное течение для тепловых машин.
13.Уравнение энергии элементарной струйки газа для тепловых двигателей.
14.Уравнение энергии в механической форме и в форме энтальпии.
15.Параметры торможения потока газа в турбомашинах.
16.Газодинамические функции параметров торможения для турбомашин.
17.Уравнение обращения воздействий для газотурбинных двигателей.
18.Геометрическое, расходное, механическое, тепловое воздействия и воздействие трения для турбомашин.
19.Гидравлические сопротивления для воздуха и газа в трактах тепловых двигателей и их фильтрах.
20.Местные сопротивления для тепловых двигателей.
21.Квадратичные сопротивления для тепловых двигателей.
22. Комбинированные сопротивления для тепловых двигателей.
23.Линейные сопротивления для тепловых двигателей.
24.Уравнение расхода в газодинамической форме для турбомашин.
25.Уравнение импульсов, преобразование Б.М.Киселёва для цикличиских двигателей.
26.Газодинамические функции потока массы и потока импульса при тепловых расчетах турбомашин.
27.Расчёт течений в соплах и диффузорах газотурбинных установок, и агрегатов наддува.

Для 5 семестра

1.Сопло Лаваля и его применение при проектировании турбомашин.
2.Расчётное и нерасчётное истечение рабочего тела из сопла Лаваля и анализ течений при расчетах турбомашин.
3.Сверхзвуковые течения при расчетах осевых и центробежных компрессоров.
4.Ударная волна, помпаж при расчете турбокомпрессора.
5.Прямые скачки уплотнения (ПСУ) при расчетах турбомашин.
6.Основные кинематическое и динамическое соотношения для ПСУ при расчетах проточных частей газотурбинных двигателей.
7.Изменение параметров потока при переходе через ПСУ при вариантных расчетах турбомашин.
8.Косые скачки уплотнения (КСУ) при расчетах турбомашин.
9.Фронт КСУ для расчета турбомашин.
10.Слабые возмущения и конус Маха при газодинамических расчетах турбомашин.
11.Сверхзвуковые диффузоры газотурбинных двигателей.
12.Обтекание внешнего тупого угла сверхзвуковым потоком (течение Прандтля-Майера) при проектировании проточных частей газотурбинных двигателей.
13.Основы теории плоского потока для рабочего тела теплового двигателя.
14.Циркуляция скорости потока газа в проточной части турбокомпрессора.
15.Теорема Жуковского о подъёмной силе применительно к турбореактивным двигателям.
16.Постулат Жуковского-Чаплыгина для тепловых двигателей.
17.Обтекание решётки профилей в рабочих колесах турбомашин.
18.Основные положения теории пограничного слоя при выполнении газодинамических расчетов рабочих колес турбомашин.
19.Дифференциальные уравнения пограничного слоя Л. Прандтля для турбомашин.

20.Условные толщины пограничного слоя – толщина вытеснения и толщина потери импульса для выполнения газодинамического расчета газотурбинного двигателя.
21.Расчёт ламинарного пограничного слоя на плоской пластине в теплообменниках тепловых двигателей.
22.Точное решение Блазиуса применительно к тепловым двигателям.
23.Интегральное соотношение Кармана для расчета турбомашин.
24.Основные понятия турбулентности при течении рабочих тел в проточных частях турбомашин.
25.Турбулентный пограничный слой при расчете течений в компрессоре и турбине ГТУ.
26.Основные понятия о струйных течениях применительно к тепловым двигателям.

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

Техническая газовая динамика для тепловых двигателей					
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОПК-3	Способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	**ЗНАТЬ:** -Основы проектирования газодинамических систем для энергоустановок. **УМЕТЬ**: -Решать теоретические задачи, используя основные законы газовой динамики с учетом практического опыта данного направления науки. **ВЛАДЕТЬ**: -Методами математического моделирования работы отдельных звеньев реальных газодинамических систем и технических объектов в целом.	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 Э	Пороговый: Компетенция сформирована. Демонстрируется недостаточный уровень самостоятельности практического навыка Достаточный: Компетенция сформирована. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка Повышенный: Компетенция сформирована. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка