Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 01.11.2023 11:11:07
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
_____/П. Итурралде/

26 августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы испытаний энергетических машин и установок»

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

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Год набора
2021

Москва 2021

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Основы испытаний энергетических машин и установок» являются:

– формирование знаний о современных принципах, методах, средствах измерений и испытаний объектов техники энергетического машиностроения;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений по разработке новых, более эффективных методов испытаний.

Основными **задачами** освоения дисциплины являются вопросы разработки методики испытаний объектов энергетического машиностроения, обработки результатов с учётом создания регрессионных моделей при использованием современных компьютерных технологий, оценки точности полученных результатов, её повышения, а также инженерные методы оптимизации методик проведения испытаний объектов техники энергетического машиностроения.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина входит в блок Б.1 «Часть, формируемая участниками образовательных отношений», подраздел Б.1.1.2.8

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения, навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Рабочие процессы в ДВС и их системах», «Альтернативные топлива для энергетических машин», «Альтернативные энергоустановки для децентрализованной энергетики», «Перспективные материалы и технологии для энергомашиностроения», «Конструкции и схемы перспективных ДВС».

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной будут востребованы в дисциплинах: «Теория горения и камеры сгорания энергетических машин и установок», «Конструирование и расчет ДВС», «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.

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-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	**Знать:** - теоретические и практические подходы к созданию и анализу регрессионных моделей по данным экспериментальных исследований изучаемых объектов техники энергетического машиностроения; -основы организации и методики испытаний. **Уметь:**

		- оценивать необходимый объём экспериментальных исследований для создания требуемых регрессионных моделей и создавать их оформлять и оценивать полученные результаты. - проводить технические испытания и научные эксперименты. **Владеть:** - методами создания регрессионных моделей на базе данных экспериментальных и теоретических исследований; - методами проведения различного рода испытаний техники и способами оценок точности полученных результатов.

ПК-2	Способен к компьютерному моделированию, визуализации, презентации модели созданной установки	**Знать:** Методики и САПР для создания компьютерных моделей и визуализации испытаний энергоустановок; **Уметь:** -Проводить графические испытания на проектируемые установки; - составлять планы и методики проведения испытаний систем энергоустановок. **Владеть:** - Практическими навыками выполнения графических испытаний систем и узлов энергоустановок; -Практическими навыками работы в системах САПР для расчета и производства и испытания энегоустановок.

4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина читается на 8 семестре
Промежуточная аттестация - экзамен
Количество недель в семестре - 18
Общая трудоемкость дисциплины - 5 зачетных единиц
Общее количество часов по структуре - 180
Количество аудиторных часов - 16
Количество часов самостоятельной работы - 164
Количество часов лекций - 6
Количество часов лабораторных занятий - 10
Количество часов семинаров и практических занятий – 0

4.1. Содержание лекционного курса дисциплины

Тема 1. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИИ ДВИГАТЕЛЕЙ 1. 1. Виды и методы измерений 1. 2. Средства измерений 1. 3. Особенности измерений при испытаниях ГТД 1. 4. Измерение давлений 1. 5. Измерение температур 1. 6. Измерение расхода топлива 1. 7. Измерение расхода воздуха 1. 8. Измерение скорости потока 1. 9. Измерение напряжений в элементах ГТД 1. 10. Измерение силы и крутящего момента 1. 11. Измерение частоты вращения 1. 12. Измерение вибраций 1. 13. Измерение эмиссии вредных веществ 1. 14. Измерение шума 1. 15. Методы контроля состояния и обнаружения дефектов в ходе испытаний ГТД

Тема 2. ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ ГТД и ГТУ 2. 1. Создание научно-технического задела и его экспериментальное подтверждение 2. 2. Испытания опытных ГТД 2. 3. Испытание серийных ГТД 2. 4. Техническое и организационное обеспечение испытаний ГТД.
Тема 3. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ГТД 3. 1. Основные понятия и определения 3. 2. Планирование и проведение эксперимента 3. 2. 1. Полный факторный эксперимент 3. 2. 2. Дробный факторный эксперимент 3. 2. 3. Центральное композиционное планирование эксперимента 3. 3. Применение планирования эксперимента при оптимизации исследуемых процессов 3. 3. 1. Метод крутого восхождения 3. 3. 2. Симплексный метод 3. 4 Опыт применения планирования эксперимента в авиадвигателестроении 3. 5. Перспективы развития методов экспериментального исследования ГТД с применением планированного эксперимента
Тема 4. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ СТЕНДЫ И ОБОРУДОВАНИЕ 4. 1. Структура испытательной станции 4. 2. Испытательные станки и устройства 4. 3. Основные системы стендов 4. 4. Летные и наземные испытания, летающие лаборатории, безмоторные стенды для испытаний агрегатов ГТУ 4. 5. Испытательные комплексы.
Тема 5. ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ УСЛОВИЙ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГТД и ГТУ 5. 1. Влияние атмосферной температуры. Изменение рабочего процесса под влиянием t Н 5. 2. Влияние атмосферного давления 5. 3. Влияние атмосферной влажности 5. 4. Влияние законов управления ГТД на их характеристики 5. 5. Использование формул теории подобия газовых потоков при анализе результатов экспериментов.
Тема 6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ ГТД и ГТУ 6. 1. Основные способы определения НЗП ГТД 6.1.1. Способ определения НЗП путем испытаний ГТД на режимах, подобных его работе в стандартных атмосферных условиях (САУ) 6. 1. 2. Способ определения НЗП с помощью специальных коэффициентов пересчета 6. 1. 3. Экспериментальный метод определения нормализующих коэффициентов для ГТД.
Тема 7. ИСПЫТАНИЯ ГТД и ГТУ С ИМИТАЦИЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ 7. 1. Технология испытаний ГТД на стендах 7. 1. 1. Испытания в ТБК с присоединенным трубопроводом 7. 1. 3. Испытания с частичной имитацией тяговых условий 7. 1. 4. Испытания с воздухозаборником 7. 1. 5. Особенности создания эксплуатационных условий при испытаниях ГТУ и ГТД 7. 2. Системы и оборудование для создания условий на испытательных стендах 7. 3. Краткая характеристика отечественных стендов.
Тема 8. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА И НАДЕЖНОСТИ АГРЕГАТОВ И СИСТЕМ ГГД И ГТУ 8. 1. Эксплуатационные критерии надежности ГТД 8. 2. Модели повреждаемости (расходования ресурса) деталей двигателя 8. 2. 1. Длительная прочность 8. 2. 2. Малоцикловая усталость 8. 2. 3. Усталость 8. 2. 4. Модель долговечности в условиях длительного статического и циклического нагружения 8. 2. 5. Модель долговечности при разнородных повреждениях 8. 2. 6. Износ и контактная усталость 8. 2. 7. Эрозия и газовая коррозия 8. 3. Ресурсные испытания 8. 3. 1. Основные понятия и определения 8. 3. 2. Длительные эксплуатационные испытания ГТД на повышенный ресурс 8. 3. 3. Ускоренные эквивалентно-циклические испытания ГТД 8. 3. 4. Циклические испытания 8. 3. 5. Формирование программ эквивалентно-циклических испытаний основных деталей двигателя 8. 3. 6. Экспериментальная доводка опытных ГТД до 150 - часового ресурса 8. 4. Эксплуатация ГТД по техническому состоянию 8. 5. Основные стратегии управления ресурсом ГТД 8. 6. Порядок задания, установления и увеличения ресурса 8. 6. 1. Установление и увеличение назначенных ресурсов основных деталей двигателя 8. 6. 2. Установление назначенного ресурса двигателя 8. 6. 3. Установление и увеличение ресурса новых двигателей при стратегиях управления ресурсом 2 и 3 8. 6. 4. Установление и увеличение ресурса и сроков службы агрегатов и комплектующих изделий 8. 7. Подходы к подтверждению ресурса основных деталей ГТД 8. 7. 1. Метод «безопасной долговечности» 8. 7. 2. Метод «допустимых повреждений».
Тема 9. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АГРЕГАТОВ И СИСТЕМ ГГД И ГТУ. 9. 1. Испытания ГТД по проверке запасов газодинамической устойчивости 9.1.1. Экспериментальное определение запасов устойчивости путем подъема линии рабочих режимов 9.1.2. Экспериментальное определение запасов устойчивости путем создания предельных возмущений в потоке на входе в ГТД 9.2. Испытания по определению акустических характеристик ГТД 9. 2. 1. Характеристики звука и шума 9.2.2. Источники аэродинамического шума и его нормирование 9.2.4. Экспериментальное

исследование шума ГТД 9.2.5. Методы снижения шума ГТД 9.3. Испытания по определению выбросов загрязняющих веществ авиационными ГТД 9.3.1. Закономерности образования загрязняющих веществ в авиационных ГТД 9.3.2. Нормирование загрязнения атмосферы ГТД 9.3.3. Измерение содержания загрязняющих веществ в отработавших газах ГТД 9.3.4. Уменьшение эмиссии ГТД при стендовых испытаниях 9.4. Испытания ГТД на перегрев 9.5. Испытания ГТД по попаданию посторонних предметов 9. 6. Испытания ГТД на стойкость против попадания пыли 9.7. Испытания ГТД в условиях дождя 9.8. Испытания систем защиты.
Тема 10. ИСПЫТАНИЯ И ДОВОДКА УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК 10. 1. Испытания лопаточных машин 10. 2. Испытания компрессора (вентилятора) 10. 3. Испытания основной камеры сгорания 10. 4. 5. Испытания турбины 10. 6. Испытания газогенераторов (ГГ) 10. 7. Испытания систем автоматического управления 10. 8. Испытания редукторов 10. 9. Испытания стартеров 10. Испытания насосов и форсунок 10. 11. Испытания топливорегулирующей аппаратуры
Тема 11. СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГТД 11. 1. Развитие требований норм летной годности. Законодательная база системы сертификации газотурбинных двигателей 11. 2. Основные этапы сертификации газотурбинных двигателей 11. 4. Особенности сертификации газотурбинных двигателей 11. 3. Сертификация двигателя в составе энергетической установки.
Тема 12. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ 12. 1. Приемы препарирования испытываемого ГТД 12. 2. Основы методики обработки результатов испытаний 12. 3. Методы и способы уменьшения погрешностей получения экспериментальных данных 12. 4. Обработка результатов измерений, выполненных в ходе автоматизированных испытаний ГТД.

4.2. Содержание практических занятий
Практические работы в данной дисциплине не предусмотрены.

4.3. Содержание лабораторных работ
Тема 1. Измерение давлений. Измерение температур. Измерение расхода топлива. Измерение расхода воздуха. Измерение скорости потока. Измерение напряжений в элементах ГТД. Измерение силы и крутящего момента. Измерение частоты вращения. Измерение вибраций. Измерение эмиссии вредных веществ. Измерение шума.
Тема 2. Техническое и организационное обеспечение испытаний ГТД.
Тема 3. Планирование и проведение эксперимента
Тема 4. Испытательные станки и устройства
Тема 5. Влияние атмосферной температуры. Изменение рабочего процесса под влиянием t Н Влияние атмосферного давления. Влияние атмосферной влажности. Влияние законов управления ГТД на их характеристики.
Тема 6. Экспериментальный метод определения нормализующих коэффициентов для ГТД.
Тема 7. Технология испытаний ГТД на стендах особенности создания эксплуатационных условий при испытаниях ГТУ и ГТД.
Тема 8.Расчет ресурса ГТУ.
Тема 9.Расчеты шумов возникающих при работе ГТД.
Тема 10. Испытания основной камеры сгорания на безмоторном стенде.
Тема 11.Подготовка сертификационной документации на спроектированный образец ГТУ.
Тема 12. Обработка результатов измерений, выполненных в ходе автоматизированных испытаний ГТД

4.4. Примерная тематика курсового проекта (курсовой работы)
Курсовые проекты в данной дисциплине не предусмотрены.

4.5. Темы для самостоятельной работы студентов
Тема 1. ПЕРВИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЯХ ГТД 13. 1. Измерение температуры 13. 2. Измерение давления 13. 3. Датчики измерения частоты вращения 13. 4. Датчики измерения расхода топлива (топливного газа) 13. 5. Датчики измере-

ния усилия от тяги 13. 6. Датчики измерения крутящего момента 13. 7. Датчики измерения зазоров, перемещений 13. 8. Зонды измерения пульсаций давления газовых сред
Тема 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ ГТД 14. 1. Типовые операции при испытаниях ГТД 14. 1. 1. Подготовительно-заключительные операции 14. 1. 2. Испытания по заданной программе 14. 1. 3. Управление режимами работы двигателя 14. 1. 4. Отладка параметров двигателя 14. 1. 5. Обработка результатов испытаний и их анализ 14. 2. Основы построения АСИ ГТД 14. 2. 1. Основные задачи испытаний, решаемые автоматизированной системой 14. 2. 2. Основные требования к АСИ ГТД 14. 2. 3. Типовая схема АСИ ГТД 14. 3. Устройства связи с объектом (УСО) 14. 3. 1. Основные функциональные элементы модулей УСО 14. 3. 2. Модули УСО 14. 4. ЭВМ и математическое обеспечение 14. 5. Система сбора и обработки информации при испытаниях ГТД, автоматизация испытаний.
Тема 3. ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ 15. 1. Контроль качества измерений 15. 2. Восстановление характеристик по экспериментальным данным 15. 3. Идентификация математической модели двигателя 15. 4. Общая процедура автоматизированной обработки и термогазодинамического анализа результатов испытаний.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Основы испытаний энергетических машин и установок» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– Защита и обсуждение выполняемых индивидуальных расчётных работ на семинарских занятиях;

– Использование мультимедийных технологий для наглядной демонстрации материала.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, в целом по дисциплине составляет 60% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 30% 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 2.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Испытания авиационных двигателей: Учебник для вузов [Электронный ресурс]: учеб. / В.А. Григорьев [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: Машиностроение, 2009. — 504 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/740.
2. Прокопенко, Н.И. Экспериментальные исследования двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 592 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/611.

б) дополнительная литература:

1. Самолеты и вертолеты. Том IV-21. Авиационные двигатели. Книга 3 [Электронный ресурс] / В.А. Скибин [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: Машиностроение, 2010. — 720 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/792.
2. Эммиль М.В., Каминский В.Н. Экспериментальное определение характеристик камер сгорания ГТД. Методическое руководство к лаб. работе. М.: МГТУ "МАМИ. 2016 г.
3. Григорьев, В.А. Основы доводки авиационных ГТД [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.А. Григорьев, С.П. Кузнецов, А.Н. Белоусов. — Электрон. дан. — Москва Машиностроение, 2012. — 152 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5803.

в) программное обеспечение и интернет – ресурсы:

При проведении занятий по дисциплине может использоваться следующее ПО:

Операционная система, Windows 7(или ниже)
Офисные приложения, Microsoft Office 2013(или ниже)

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

http://минобрнауки.рф/ - Министерство образования и науки РФ;
http://fcior.edu.ru/ - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;
http://fgosvo.ru/ - Портал Федеральных государственных образовательных стандартов;
http://www.consultant.ru/ - Справочная правовая система «Консультант Плюс»;
http://www.garant.ru/ - Справочная правовая система «Гарант»;
http://www.edu.ru/ - Российское образование. Федеральный портал;
http://www.opengost.ru/ - Сайт, содержащий полные тексты нормативных документов.

Перечень информационных систем:

1. Научная библиотека Московского политехнического университета. http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog
База данных содержит в себе 102678 учебных материалов различной направленности 1939 из которых полнотекстовые. Доступ к электронному каталогу можно получить с любого устройства, имеющим подключение к интернету.
2. Электронный каталог БИЦ МГУП.
http://mgup.ru/library/
Электронный каталог позволяет производить поиск по базе данных библиотеки МГУП.
3. ЭБС издательства «ЛАНЬ».
https://e.lanbook.com/
ЭБС «ЛАНЬ» - ресурс, предоставляющий online-доступ к научным журналам и полнотекстовым коллекциям книг различных издательств.
Доступ к ЭБС издательства «ЛАНЬ» осуществляется со всех компьютеров университета.
5. 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.
6. «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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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

Аудитория для лекционных и семинарских занятий № Н-406 «Класс конструкции газотурбинных двигателей»
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.12
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 лабораторных занятий № Нд-123 «Испытания малоразмерных гозотурбинных двигателей энергоустановок»
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13
Макеты камер сгорания.
Макет двухвальной микротурбины.

Аудитория для лабораторных занятий № Нд-125 «Испытания лопаточных машин и камер сгорания энергоустановок»
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13
Лабораторное оборудование «Токсичность камер сгорания ГТД», «Испытания турбокомпрессора», «Характеристики вентиляторов».
Измеритель токсичности BEA950 BOSH.
Балансирная машина IDS736V.

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 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.

Одной из основных организационных форм учебной деятельности являются семинарские занятия, которые формируют исследовательский подход к изучению учебного и научного материала.

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»

«25» августа 2021 г., протокол № _1_

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

Приложение 2
к рабочей программе

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

Направление подготовки: 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики
Форма обучения: Заочная

Кафедра: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Основы испытаний энергетических машин и установок

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

Составители:
А.А. Дементьев

Москва 2021

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-2	Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы.
ПК-2	Способностью использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках, методов расчетного анализа объектов профессиональной деятельности.

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.

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

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	При наличии более 50% сформированных компетенций по дисциплинам, имеющим возможность до-формирования компетенций на последующих этапах обучения. Для дис-	Для определения уровня освоения промежуточной дисциплины на оценку «хорошо» обучающийся должен продемонстрировать наличие 80% сформированных компетенций, из	Оценка «отлично» по дисциплине с промежуточным освоением компетенций, может быть выставлена при 100% подтверждении наличия компетенций, либо при 90% сформиро-

формирования компетенций (чаще всего это дисциплины профессионального цикла) оценка «неудовлетворительно» должна быть выставлена при отсутствии сформированности хотя бы одной компетенции	циплин итогового формирования компетенций естественно выставлять оценку «удовлетворительно», если сформированы все компетенции и более 60% дисциплин профессионального цикла «удовлетворительно»	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».	ванных 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.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 1 (ОПК-2). Вопросы для собеседования со студентами (КТ1).

1.Виды и методы измерений.
2.Средства измерений.
3.Особенности измерений при испытаниях ГТД.
4.Методы контроля состояния и обнаружения дефектов в ходе испытаний ГТД.

5.Испытания опытных ГТД.
6.Испытание серийных ГТД.
7.Техническое и организационное обеспечение испытаний ГТД.
8.Полный факторный эксперимент.
9.Дробный факторный эксперимент.
10.Центральное композиционное планирование эксперимента
11.Применение планирования эксперимента при оптимизации исследуемых процессов.
12.Метод крутого восхождения.
13.Симплексный метод.
14.Опыт применения планирования эксперимента в авиадвигателестроении
15.Перспективы развития методов экспериментального исследования ГТД с применением планированного эксперимента.
16.Структура испытательной станции, испытательные станки и устройства.
17.Основные системы стендов.
18.Летные и наземные испытания, летающие лаборатории.
19.Безмоторные стенды для испытаний агрегатов ГТУ.
20.Испытательные комплексы.
21.Основные задачи испытаний, решаемые автоматизированной системой.
22.Система сбора и обработки информации при испытаниях ГТД, автоматизация испытаний.
23. Особенности сертификации газотурбинных двигателей.
24. Сертификация двигателя в составе энергетической установки.
25. Методы и способы уменьшения погрешностей получения экспериментальных данных.

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

1.Влияние атмосферной температуры.
2.Изменение рабочего процесса под влиянием t Н.
3.Влияние атмосферного давления.
4.Влияние атмосферной влажности.
5.Влияние законов управления ГТД на их характеристики.
6.Использование формул теории подобия газовых потоков при анализе результатов экспериментов.
7.Основные способы определения НЗП ГТД.
8.Способ определения НЗП путем испытаний ГТД на режимах, подобных его работе в стандартных атмосферных условиях (САУ).
9.Способ определения НЗП с помощью специальных коэффициентов пересчета.
10.Экспериментальный метод определения нормализующих коэффициентов для ГТД.
11.Технология испытаний ГТД на стендах.
12.Испытания в ТБК с присоединенным трубопроводом.
13.Испытания с частичной имитацией тяговых условий.
14.Испытания с воздухозаборником.
15.Особенности создания эксплуатационных условий при испытаниях ГТУ и ГТД.
16.Системы и оборудование для создания условий на испытательных стендах.
17.Краткая характеристика отечественных стендов.
18.Понятие ресурса, надежности и понятия с этим связанные.
19.Источники аэродинамического шума и его нормирование.
20.Экспериментальное исследование шума ГТД.
21.Методы снижения шума ГТД.
22.Испытания по определению выбросов загрязняющих веществ авиационными ГТД.
23.Испытания ГТД на перегрев, на попадание посторонних предметов, на стойкость против попадания пыли, в условиях дождя.
24.Испытания систем защиты ГТУ.
25.Основные этапы сертификации газотурбинных двигателей.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации студентов (оценка знаний, умений, навыков-компетенций: ОПК-2; ПК-2)

1.Виды и методы измерений.
2.Средства измерений.
3.Особенности измерений при испытаниях ГТД.
4.Методы контроля состояния и обнаружения дефектов в ходе испытаний ГТД.
5.Испытания опытных ГТД.
6.Испытание серийных ГТД.
7.Техническое и организационное обеспечение испытаний ГТД.
8.Полный факторный эксперимент.
9.Дробный факторный эксперимент.
10.Центральное композиционное планирование эксперимента
11.Применение планирования эксперимента при оптимизации исследуемых процессов.
12.Метод крутого восхождения.
13.Симплексный метод.
14.Опыт применения планирования эксперимента в авиадвигателестроении
15.Перспективы развития методов экспериментального исследования ГТД с применением планированного эксперимента.
16.Структура испытательной станции, испытательные станки и устройства.
17.Основные системы стендов.
18.Летные и наземные испытания, летающие лаборатории.
19.Безмоторные стенды для испытаний агрегатов ГТУ.
20.Испытательные комплексы.
21.Основные задачи испытаний, решаемые автоматизированной системой.
22.Система сбора и обработки информации при испытаниях ГТД, автоматизация испытаний.
23.Влияние атмосферной температуры.
24.Изменение рабочего процесса под влиянием t Н.
25.Влияние атмосферного давления.
26.Влияние атмосферной влажности.
27.Влияние законов управления ГТД на их характеристики.
28.Использование формул теории подобия газовых потоков при анализе результатов экспериментов.
29.Основные способы определения НЗП ГТД.
30.Способ определения НЗП путем испытаний ГТД на режимах, подобных его работе в стандартных атмосферных условиях (САУ).
31.Способ определения НЗП с помощью специальных коэффициентов пересчета.
32.Экспериментальный метод определения нормализующих коэффициентов для ГТД.
33.Технология испытаний ГТД на стендах.
34.Испытания в ТБК с присоединенным трубопроводом.
35.Испытания с частичной имитацией тяговых условий.
36.Испытания с воздухозаборником.
37.Особенности создания эксплуатационных условий при испытаниях ГТУ и ГТД.
38.Системы и оборудование для создания условий на испытательных стендах.
39.Краткая характеристика отечественных стендов.
40.Понятие ресурса, надежности и понятия с этим связанные.
41.Источники аэродинамического шума и его нормирование.
42.Экспериментальное исследование шума ГТД.
43.Методы снижения шума ГТД.
44.Испытания по определению выбросов загрязняющих веществ авиационными ГТД.
45.Испытания ГТД на перегрев, на попадание посторонних предметов, на стойкость против попадания пыли, в условиях дождя.
46.Испытания систем защиты ГТУ.

47.Основные этапы сертификации газотурбинных двигателей.
48.Методики обработки результатов испытаний, методы и способы уменьшения погрешностей получения экспериментальных данных.
49. Особенности сертификации газотурбинных двигателей.
50. Сертификация двигателя в составе энергетической установки.

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. Больше 4 ошибок в представляемой информации.	Использованы информационные технологии частично. 3-4 ошибки в представляемой информации.	Использованы информационные технологии. Не более 2 ошибок в представляемой информации.	Широко использованы информационные технологии. 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

Основы испытаний энергетических машин и установок					
ФГОС ВО 13.04.03 «Энергетическое машиностроение					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	**Знать:** - теоретические и практические подходы к созданию и анализу регрессионных моделей по данным экспериментальных исследований изучаемых объектов техники энергетического машиностроения; -основы организации и методики испытаний. **Уметь:** - оценивать необходимый объём экспериментальных исследований для создания требуемых регрессионных моделей и создавать их оформлять и оценивать полученные результаты. - проводить технические испытания и научные эксперименты. **Владеть:** - методами создания регрессионных моделей на базе данных экспериментальных и теоретических исследований; - методами проведения различного рода испытаний техники и способами оценок точности полученных результатов.	Контактная работа с обучающимися во время аудиторных занятий в форме лекций, практических работ. Самостоятельное изучение теоретического курса, подготовка к практическим работам Демонстрация слайдов презентаций и видеороликов посредством мультимедийного оборудования. Подготовка реферата.	Вопросы для собеседования со студентами (КТ1) Вопросы для промежуточной аттестации	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.

ПК-2	Способен к компьютерному моделированию, визуализации, презентации модели созданной установки	**Знать:** Методики и САПР для создания компьютерных моделей и визуализации испытаний энергоустановок; **Уметь:** -Проводить графические испытания на проектируемые установки; - составлять планы и методики проведения испытаний систем энергоустановок. **Владеть:** - Практическими навыками выполнения графических испытаний систем и узлов энергоустановок; -Практическими навыками работы в системах САПР для расчета и производства и испытания энегоустановок.			