Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 14:05:25
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
/М.Р. Рыбакова/
«27» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Разработка энергоустановок с помощью компьютерных проектных комплексов

Направление подготовки/ специальность
13.04.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль/ специализация
Проектирование и эксплуатация двигателей для инновационного транспорта

Квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Москва, 2025

Разработчик(и):

к.т.н., доцент  /Д.В. Апелинский/

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», д.т.н.  /Г.Г. Надарейшвили/

Оглавление

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 6
3. Структура и содержание дисциплины....7
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость.... 7
3.2. Тематический план изучения дисциплины.... 7
3.3. Содержание дисциплины.... 8
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий.... 9
3.4.1. Семинарские/практические занятия 9
3.4.2. Лабораторные занятия.... 11
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 11
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 12
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 12
4.2. Основная литература.... 12
4.3. Дополнительная литература.... 12
4.4. Электронные образовательные ресурсы 13
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 13
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.... 13
5. Материально-техническое обеспечение....14
6. Методические рекомендации 14
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения.... 14
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 15
7. Фонд оценочных средств....16
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 16
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения.... 18
7.3. Оценочные средства.... 18

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель дисциплины:
Формирование у студентов глубоких теоретических знаний и практических навыков в области компьютерного проектирования и моделирования энергоустановок с использованием современных программных средств и вычислительных методов.
Задачи дисциплины:
Формирование теоретических знаний:
Освоение основ численного моделирования и конечно-элементного анализа.
Изучение структуры и особенностей современных CAD/CAM/CAE-систем.
Ознакомление с методами препроцессинга и постпроцессинга FEA-моделей.
Обучение использованию современных программных пакетов для проектирования и анализа энергоустановок.
Развитие практических навыков:
Овладение инструментами Siemens NX и Simcenter 3D для создания геометрических моделей и проведения прочностного анализа.
Применение ANSA/BETA CAE Systems ANSA Meta для подготовки конечно-элементных моделей.
Использование параметрического оптимизатора Siemens HEEDs для повышения эффективности конструкций.
Проведение структурного анализа с помощью пакета MSC Nastran.
Моделирование и анализ процессов гидродинамики и теплообмена с использованием современных CFD-пакетов.
Освоение современных технологий и подходов:
Изучение методов автоматизации проектирования и управления жизненным циклом изделия (PLM).
Формирование навыков работы с цифровыми двойниками и виртуальными прототипами.
Понимание актуальных проблем и перспективных направлений в проектировании энергоустановок.
Подготовка к профессиональной деятельности:
Приобретение компетенций, необходимых для работы в отраслях машиностроения, автомобилестроения, судостроения и других направлениях, связанных с проектированием и эксплуатацией энергоустановок.
Развитие навыков командной работы, проектной деятельности и применения международных стандартов сертификации.

Студенты, успешно освоившие дисциплину «Компьютерное проектирование и моделирование энергоустановок», должны обладать следующими знаниями, умениями и навыками:

Знания:
Основные понятия и методы компьютерного проектирования энергоустановок:
Понимать цели и задачи дисциплины, роль вычислительных методов в проектировании энергоустановок.
Знать основные этапы жизненного цикла продукта (PLM) и структуру современных CAD/CAM/CAE-систем.
Ориентироваться в истории развития и эволюции компьютерных методов проектирования.
Основы численного моделирования и конечно-элементного анализа:
Понимать сущность численного анализа и его важность в проектировании.
Знать основные виды численных методов (МКЭ, МКОВ, MGK), точность результатов и возможные погрешности.

Быть знакомым с требованиями к качеству сеточных моделей и инструментом анализа ошибок.
Инструментарий для компьютерного проектирования и анализа:
Владеть инструментами Siemens NX и Simcenter 3D для создания геометрических моделей и выполнения прочностного анализа.
Уметь пользоваться программой ANSA/BETA CAE Systems ANSA META для подготовки конечно-элементных моделей.
Понимать принципы работы параметрического оптимизатора Siemens HEEDs и его использование для оптимизации конструкции двигателя.
Методы структурного анализа и CFD-моделирования:
Овладеть программным пакетом MSC Nastran для проведения структурного анализа.
Знанию программ для симуляции потоков жидкости и газа (CFD-программы) и умение их применять.
Понимать, как проводить пространственное моделирование процессов горения и теплового взаимодействия газов в камерах сгорания.
Автоматизация проектирования и интеграция систем PLM:
Понимать концепцию управления проектами (Project Management) и принцип работы PLM-систем.
Осознавать важность цифровых двойников и виртуальных прототипов в проектировании энергоустановок.
Знать опыт крупных компаний в интеграции PLM-решений и других корпоративных систем (PDM, ERP, MES).
Современные тенденции и проблемы проектирования энергоустановок:
Понимать актуальные проблемы и перспективы проектирования энергоустановок.
Знать современные технологические концепции и подходы к проектированию двигателей.
Представлять возможности использования возобновляемых источников энергии и экологически чистых видов топлива.

Умения:
Создавать геометрические модели энергоустановок:
Строить точные и качественные геометрические модели двигателей и других компонентов энергоустановок с использованием CAD-систем.
Производить прочностный и многоцелевой анализ:
Выполнять прочностный анализ деталей и узлов энергоустановок с помощью CAE-систем.
Пользоваться автоматизированными методами оптимизации формы деталей и выполнять многоцелевой анализ (статический, тепловой, виброакустический).
Готовить конечно-элементные модели и проводить CFD-анализ:
Генерировать высококачественные конечно-элементные сетки с использованием ANSA/BETA CAE Systems ANSA META.
Моделировать и анализировать процессы течения жидкости и газа в энергоустановках с помощью CFD-программ.
Работать с PLM-системами и управлять проектами:
Автоматизировать рабочие процессы в PLM-системах.
Работать с цифровыми двойниками и виртуальными прототипами для оптимизации процессов проектирования.
Применять оптимизаторы и искать компромиссные решения:
Использовать параметрический оптимизатор Siemens HEEDs для нахождения оптимальных конструкций и снижения веса деталей.
Находить компромиссные решения при проектировании энергоустановок, учитывая одновременно прочность, вес, стоимость и другие факторы.
Пользоваться современными программными средствами:

Правильно выбирать и использовать программные пакеты для выполнения различных видов анализа и моделирования (MSC Nastran, ANSA/BETA CAE Systems, Siemens NX и Simcenter 3D).

Навыки:
Навык работы с CAD/CAM/CAE-системами:
Быстро адаптироваться к новым программам и платформам проектирования и анализа.
Способность выполнять численный анализ и оптимизацию:
Оценивать результаты численных расчётов и корректировать модели для достижения оптимальных решений.
Коммуникабельность и работа в команде:
Умение работать в группе, эффективно коммуницировать с коллегами и руководством.
Решение практических задач и креативность:
Способность предлагать оригинальные решения и внедрять новые технологии в процесс проектирования энергоустановок.
Управление проектами и организация работы:
Умело планировать и вести проектные работы, соблюдать дедлайны и бюджет.
Постоянное обновление знаний и навыков:
Готовность следить за новыми трендами и постоянно повышать квалификацию в области компьютерного проектирования и моделирования энергоустановок.

Обучение по дисциплине направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1. Способен к компьютерному моделированию, визуализации, презентации модели созданной установки для нужд природоохраны	ИПК-1.1. Применяет знание программных комплексов для выполнения компьютерного моделирования, создания отчетов и презентаций при создании энергоустановок; ИПК-1.2. Умение разрабатывать компьютерные модели проектируемых установок ИПК-1.3. Владеет навыками компьютерного 3D моделирования, навыками работы в программах для визуализации и анимации работы спроектированных установок

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в часть блока Б.1 – «Обязательная часть», подраздел Б1.1.21

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые при изучении таких дисциплин, как Термодинамика для энергетических машин, Физика, Линейная алгебра, Математический анализ, Инженерная механика в энергетическом машиностроении, Сопротивление материалов.

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при изучении таких дисциплин как: Виброакустика на транспорте и в энергетике, Проектирование тепловых двигателей для транспорта и малой энергетики, а также при прохождении практики, подготовке к процедуре защиты и защите выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			3
1	Аудиторные занятия	36	36
	В том числе:	–	–
	Лекции	18	18
	Семинарские/практические занятия	18	18
	Лабораторные занятия	–	–
2	Самостоятельная работа	108	108
3	Промежуточная аттестация	–	–
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет	Зачет
	Итого	144	144

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Тема №1: Введение в компьютерное проектирование и моделирование энергоустановок	16	4	2	2	–	12
2	Тема №2: Основы численного моделирования и методы конечно-элементного анализа	16	4	2	2	–	12
3	Тема №3: Инструменты Siemens NX и Simcenter 3D для компьютерного проектирования	16	4	2	2	–	12
4	Тема №4: Программа ANSA/BETA CAE Systems ANSA META и её роль в препроцессинге FEA-моделей	16	4	2	2	–	12
5	Тема №5: Параметрический оптимизатор Siemens HEEDs: основы и возможности применения	16	4	2	2	–	12
6	Тема №6: Пакет MSC Nastran и выполнение структурного анализа	16	4	2	2	–	12
7	Тема №7: Современное программное обеспечение для симуляции потоков жидкости и газа	16	4	2	2	–	12
8	Тема 8. Надежность и безопасность энергоустановок	16	4	2	2	–	12
9	Тема 9. Перспективы развития компьютерной техники и её влияние	16	4	2	2	–	12

	на разработку новых поколений двигателей						
	Итого:	144	36	18	18	–	108

3.3. Содержание дисциплины

Лекция №1: Введение в компьютерное проектирование и моделирование энергоустановок
Цели и задачи дисциплины
Роль вычислительных методов в современном проектировании энергоустановок
Основные этапы жизненного цикла продукта (PLM)
Структура и особенности современной CAD/CAM/CAE-системы
Исторический обзор эволюции компьютерных методов проектирования

Лекция №2: Основы численного моделирования и методы конечно-элементного анализа
Что такое численный анализ и зачем он нужен?
Основные виды численных методов: метод конечных элементов (МКЭ), метод конечных объёмов (МКОВ), метод граничных элементов (MGK)
Точность результатов и возможные погрешности
Различные типы сеточных моделей и требования к качеству сетки
Базовые инструменты анализа ошибок в расчетах

Лекция №3: Инструменты Siemens NX и Simcenter 3D для компьютерного проектирования
Обзор возможностей Siemens NX и Simcenter 3D
Создание геометрической модели двигателя в среде NX
Выполнение прочностного анализа в программе Simcenter 3D
Оптимизация формы детали с использованием автоматизированных методик
Реализация процедур многоцелевого анализа: статический, тепловой, виброакустический анализ

Лекция №4: Программа ANSA/BETA CAE Systems ANSA META и её роль в препроцессинге FEA-моделей
Понятие препроцессинга и постпроцессинга
Этапы подготовки конечно-элементной модели с помощью ANSA
Использование модулей AutoGrid и MeshOpt для улучшения качества сетки
Возможности автоматического построения поверхностных и объемных сеток
Автоматизированное создание нагрузки и закрепления объектов

Лекция №5: Параметрический оптимизатор Siemens HEEDs: основы и возможности применения
Принцип работы и алгоритм действий параметрического оптимизатора
Функциональные характеристики модуля HEEDs Multi-disciplinary Design Exploration (MDX)
Интерфейс взаимодействия с программой и настройка критериев оптимизации
Демонстрация примеров практической реализации оптимизации конструкции двигателя

Лекция №6: Пакет MSC Nastran и выполнение структурного анализа
Преимущества и недостатки пакета MSC Nastran
Решатели и их классификация в MSC Nastran
Типичные задачи прочности и динамики
Последовательность проведения типового расчёта
Практический разбор решения задач линейного и нелинейного анализа конструкций

Лекция №7: Современное программное обеспечение для симуляции потоков жидкости и газа
Проблематика выбора CFD-программы
Важнейшие пакеты для гидравлических и аэродинамических расчетов
Пространственное моделирование процесса горения топлива в цилиндрах поршневого двигателя
Тепловое взаимодействие газов и поверхностей камеры сгорания газовой турбины
Оценка влияния конструктивных изменений на гидродинамическую эффективность узла

Лекция №8: Вопросы автоматизации проектирования и интегрированные системы PLM/SIMATIC Process Automation
Взаимодействие различных этапов жизненного цикла изделия
Концепция управления проектами (Project Management)
Автоматизация рабочих процессов в PLM-системах
Применение цифровых двойников и виртуальных прототипов
Опыт крупных компаний в интеграции решений PLM/PDM/ERP/MES

Лекция №9: Актуальные проблемы оптимизации и перспективные технологии
Новые технологические концепции и подходы к проектированию энергоустановок
Изучение гибридных схем двигателей и высокоэффективных режимов эксплуатации
Потенциал возобновляемых источников энергии и экологически чистых видов топлива
Адаптация существующих продуктов к новым требованиям рынка
Современные международные стандарты сертификации продукции

В связи с проведением лекций в дистанционном формате и с целью повышения эффективности усвоения учебного материала, студенты должны вести рукописный конспект лекций во время всех дистанционных лекций.
Конспект должен быть оформлен в соответствии с требованиями кафедры, включая:
- Дату проведения лекции.
- Тему лекции.
- Основные тезисы и определения.
- Схемы, графики, формулы и другие визуальные материалы, представленные на лекции.
- Личные комментарии и вопросы, возникшие в ходе лекции.

Конспект должен быть аккуратным, понятным и легко читаемым.
Наличие рукописного конспекта лекций является обязательным условием для допуска к промежуточной аттестации.
Студенты, не предоставившие конспекты лекций, не будут допущены к промежуточной аттестации.
В течение семестра профессорско-преподавательский состав должен не менее двух раз (в период текущего контроля успеваемости) проводить проверку конспектов лекций.
Итоговые конспекты лекций должны быть предоставлены на проверку не позднее, чем за неделю до начала зачётно-экзаменационной сессии.

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Практическое занятие №1. Основы компьютерного проектирования энергоустановок
Цель: познакомить студентов с базовыми инструментами компьютерного проектирования и моделирования.
Задания:
Ознакомьтесь с возможностями и структурой среды CAD/CAM/CAE-систем.
Начертите простую деталь поршневого двигателя в среде NX.

Подготовьте презентацию о роли PLM-систем в жизненном цикле изделия.

Практическое занятие №2. Базовые приемы работы в NX
Цель: освоить базовые операции редактирования и построения твердотельных моделей.
Задания:
Изготовьте 3D-модель головки блока цилиндров с детализацией каналов.
Используйте команды копирования, зеркального отражения и симметрии.
Примените скругления и фаски к элементам модели.

Практическое занятие №3. Интерфейсы Siemens NX и Simcenter 3D
Цель: научиться создавать сборочные единицы и осуществлять импорт/экспорт файлов.
Задания:
Соберите узел шатуна и поршня двигателя в NX.
Загрузите файл сборки в среду Simcenter 3D.
Сохраните файлы в формате STEP и IGES.

Практическое занятие №4. Основы конечно-элементного анализа (FEA)
Цель: изучить основные концепции МКЭ и простейших операций моделирования.
Задания:
Создайте сетку элементарной балки в ANSA.
Проведите простой линейный статический анализ балки в Simcenter 3D.
Проследите изменения напряженно-деформационного состояния.

Практическое занятие №5. Решение задачи прочности детали поршневого двигателя
Цель: проработать этап статического анализа сложной детали двигателя.
Задания:
Импорт готового файла модели крышки цилиндра.
Нанесите граничные условия и приложите нагрузки.
Решите задачу на прочность и интерпретируйте результаты.

Практическое занятие №6. Тепловой анализ элементов энергоустановок
Цель: познакомиться с основами проведения теплового анализа и оценки тепловых деформаций.
Задания:
Добавьте задание теплопередачи в крышку ГБЦ двигателя.
Рассчитайте температуру стенок и тепловое расширение.
Проведите постобработку и интерпретацию результатов.

Практическое занятие №7. Многокритериальный анализ вибраций
Цель: разобраться в проведении виброакустического анализа и его результатах.
Задания:
Примените модальный анализ к корпусу масляного картера двигателя.
Найдите собственные частоты колебаний.
Постройте карту вибраций и определите резонансные зоны.

Практическое занятие №8. Препроцессинг и подготовка FEA-модели в ANSA
Цель: освоить подготовительные этапы моделирования, включая создание сетки и постановку задачи.
Задания:
Используя ANSA, создайте грубую сетку для блока цилиндров двигателя.
Улучшите качество сетки с помощью модуля AutoGrid.
Создайте фиксаторы и нагрузки для дальнейшей передачи в Solver.

Практическое занятие №9. Анализ вязкого нагрева и прочности лопаток газотурбинного двигателя
Цель: смоделировать сложный случай взаимодействия ламинарного и турбулентного потока с твердым телом.
Задания:
Постройте сеточную модель лопатки турбины.
Импортируйте сетку в ANSYS Workbench и выполните сопряженный анализ.
Определите влияние толщины пограничного слоя на деформации и напряжения.

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторные работы по дисциплине не предусмотрены.

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

По дисциплине предусмотрена курсовая работа

Примеры тем курсовой работы:

Основные этапы жизненного цикла продукта (PLM)
Структура и особенности современной CAD/CAM/CAE-системы
Метод конечных элементов (МКЭ)
Метод конечных объёмов (МКОВ),
Метод граничных элементов (MGK)
Обзор возможностей Siemens NX
Обзор возможностей Simcenter 3D
Создание геометрической модели двигателя в среде NX
Выполнение прочностного анализа в программе Simcenter 3D
Оптимизация формы детали с использованием автоматизированных методик
Реализация процедур многоцелевого анализа: статический, тепловой, виброакустический анализ
Этапы подготовки конечно-элементной модели с помощью ANSA
Использование модулей AutoGrid и MeshOpt для улучшения качества сетки
Параметрический оптимизатор Siemens HEEDs: основы и возможности применения
Принцип работы и алгоритм действий параметрического оптимизатора
Функциональные характеристики модуля HEEDs Multi-disciplinary Design Exploration (MDX)
Интерфейс взаимодействия с программой и настройка критериев оптимизации
Демонстрация примеров практической реализации оптимизации конструкции двигателя
Пакет MSC Nastran и выполнение структурного анализа
Решатели и их классификация в MSC Nastran
Проблематика выбора CFD-программы
Важнейшие пакеты для гидравлических и аэродинамических расчетов
Пространственное моделирование процесса горения топлива в цилиндрах поршневого двигателя
Тепловое взаимодействие газов и поверхностей камеры сгорания газовой турбины
Оценка влияния конструктивных изменений на гидродинамическую эффективность узла
Автоматизация проектирования и интегрированные системы PLM/SIMATIC Process Automation
Взаимодействие различных этапов жизненного цикла изделия
Концепция управления проектами (Project Management)
Автоматизация рабочих процессов в PLM-системах
Применение цифровых двойников и виртуальных прототипов
Опыт крупных компаний в интеграции решений PLM/PDM/ERP/MES

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 2.102—2013. «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды и комплектность конструкторских документов.»
2. Данный стандарт подробно описывает правила оформления конструкторской документации, необходимые при оформлении результатов проектирования.
3. ГОСТ 2.103—2013. «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Стадии разработки.»
4. Устанавливает четкую последовательность стадий разработки и утверждения конструкторской документации, что особенно актуально при выполнении дизайн-проекта энергоустановки.
5. ГОСТ 2.105—95. «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам.»
6. Нормирует правила оформления текста, таблиц, иллюстраций и формул в конструкторской документации, важной составляющей любого серьезного проекта.
7. ГОСТ 2.114—2016. «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Технические условия.»
8. Содержит требования к техническим условиям на продукцию, которым студенты будут учиться соответствовать при формировании техзаданий и спецификаций.
9. ГОСТ 2.301—68. «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Форматы листов.»
10. Регламентирует правила выбора формата листа и размещения изображений, что облегчает соблюдение единых стандартов оформления.
11. ГОСТ ISO 10303-1—2015. «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных и обмен информацией. Часть 1. Общий обзор и фундаментальные принципы.»
12. Важнейший международный стандарт, объясняющий принципы хранения и обмена данными в промышленных системах, в частности, в PLM-системах.

4.2. Основная литература

1. Копылов, Ю. Р. Основы компьютерных цифровых технологий машиностроения : учебник / Ю. Р. Копылов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-3913-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/207086
2. Совертков, П. И. Компьютерное моделирование / П. И. Совертков. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 424 с. — ISBN 978-5-507-46708-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/339761

4.3. Дополнительная литература

1. Чуешев, А. В. Компьютерное проектирование процессов : учебно-методическое пособие / А. В. Чуешев. — Кемерово : КемГУ, 2024. — 255 с. — ISBN 978-5-8353-3159-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/451796
2. Александрина, Н. А. Компьютерное моделирование : учебное пособие / Н. А. Александрина. — 2-е изд., переработанное. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2021. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/247436
3. Коровина, Ю. В. Компьютерное моделирование : учебное пособие / Ю. В. Коровина. — Новокузнецк : КГПИ КемГУ, 2019. — 96 с. — ISBN 978-5-8353-1374-7. — Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169605

4.4. Электронные образовательные ресурсы

Компьютерное проектирование и моделирование энергоустановок
https://online.mospolytech.ru/user/index.php?id=15830

4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее ПО:

Операционная система Windows 7 и выше, Офисные приложения Microsoft Office.

4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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:

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.

Электронный каталог БИЦ МГУП.

http://mgup.ru/library/

Электронный каталог позволяет производить поиск по базе данных библиотеки МГУП.

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.

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.

«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.

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.

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.

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.

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.

5. Материально-техническое обеспечение

1) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

2) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-223 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

3) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-224 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

4) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Н-406 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

5) Комплекты мебели для учебного процесса.

6) Мультимедийное оборудование: Экран для проектора, переносной ноутбук, переносной проектор.

6. Методические рекомендации

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного

теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность исодержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. 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.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных занятиях. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

7. Фонд оценочных средств

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.

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

Оценивание и контроль сформированности компетенций осуществляется с помощью текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Для этого семестр делится на три периода. По окончанию первого периода (контрольная точка 1 (КТ1)) проводится собеседование со студентами по изученному на данный момент материалу. По окончанию второго периода обучения (КТ2) проводится аналогичная процедура. Третий период заканчивается промежуточной аттестацией по всему пройдённому материалу.

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.

Текущий контроль успеваемости в процессе изучения дисциплины может проводиться по усмотрению преподавателя в форме устного собеседования или посредством прохождения

тестов, размещённых в соответствующем онлайн-курсе системы дистанционного обучения Московского Политеха.
Если текущий контроль проходит в формате тестирования, то для теста характерны следующие особенности:
Объем теста- 20 тестовых заданий.
Тест имеет ограничение по времени – 25 мин. По истечении времени, вносить изменения в тест будет невозможно.
По окончанию всего теста выдается информация о том, зачтен тест или нет.
При оценке текущей успеваемости с использованием устного собеседования рекомендуются следующие критерии:
1. Знание теории (40%)
Понимание основных понятий, терминологии и закономерностей дисциплины
Способность воспроизводить и объяснять ключевые положения

2. Практические навыки (35%)
Умение применять теоретические знания для решения типовых задач
Анализ и интерпретация результатов

3. Аргументация и качество ответов (15%)
Логичность, полнота и ясность изложения
Обоснование своих решений и выводов

4. Активность и самостоятельность (10%)
Участие в обсуждениях, выполнение дополнительных заданий
Проявление инициативы в обучении

Шкала оценивания (в процентах и по пятибалльной системе)

Процент выполнения	Оценка (5-балльная)	Характеристика результата
90–100%	5 (отлично)	Отличное знание материала, высокая активность
75–89%	4 (хорошо)	Хорошее усвоение материала, незначительные недочеты
60–74%	3 (удовлетворительно)	Базовое понимание, требуется доработка отдельных вопросов
Ниже 60%	2 (неудовлетворительно)	Недостаточный уровень знаний и навыков

Для допуска к промежуточной аттестации студент должен иметь оценку не ниже «удовлетворительно» (3) по результатам текущего контроля.

В случае неудовлетворительной оценки студенту рекомендуется дополнительная подготовка и повторное прохождение контроля до установленного срока.

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.

7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма аттестации: Зачёт

Система оценивания: При проведении промежуточной аттестации по дисциплине используется недифференцированная шкала оценки уровня сформированности компетенций:

Оценка	Описание уровня освоения дисциплины
Зачтено	Студент продемонстрировал достаточный уровень знаний и умений, необходимых для формирования компетенций по дисциплине. Ответы соответствуют требованиям программы, допускаются незначительные огрехи, не влияющие на общее понимание материала.
Не зачтено	Студент не продемонстрировал достаточного уровня знаний и умений, допущены существенные ошибки, отсутствует понимание ключевых понятий и/или неспособность применять знания на практике.

Критерии оценивания зачёта

Критерий	Зачтено	Не зачтено
Знание основных понятий	Студент уверенно отвечает на вопросы, демонстрируя знание ключевых понятий и терминов дисциплины	Ответы неполные, существенные пробелы в знании основных понятий
Умение применять знания	Студент способен решать типовые задачи и применять теоретические знания на практике	Студент не способен применять знания, допускает ошибки при решении практических задач
Аргументация и обоснование	Ответы логичны и обоснованы, студент может объяснить свои решения	Отсутствует логика и обоснование в ответах, ответы поверхностны или неполны
Общее впечатление	Ответы соответствуют требованиям программы, студент демонстрирует сформированность компетенций	Ответы не соответствуют требованиям, уровень подготовки недостаточен

7.3. Оценочные средства

Лекция №1. Введение в компьютерное проектирование и моделирование энергоустановок

Какие задачи решает дисциплина «Компьютерное проектирование и моделирование энергоустановок»?

Какова роль вычислительных методов в современном проектировании энергоустановок?

Что такое жизненный цикл продукта (Product Lifecycle Management, PLM)?

Назовите основные этапы жизненного цикла продукта.

Как организована структура современной CAD/CAM/CAE-системы?

Какие преимущества даёт использование современных компьютерных методов проектирования?

Какие исторические этапы прошла эволюция компьютерных методов проектирования?

Лекция №2. Основы численного моделирования и методы конечно-элементного анализа

Что такое численный анализ и почему он необходим в проектировании энергоустановок?

Какие основные виды численных методов применяются в компьютерном моделировании?

В чём заключается метод конечных элементов (МКЭ)?

Что такое метод конечных объёмов (МКОВ) и в каких задачах он используется?

Какие требования предъявляются к качеству сеточной модели при численном моделировании?

Как оценивается точность и возможные погрешности результатов численного анализа?
Как реализуются процедуры анализа ошибок в расчетах?

Лекция №3. Инструменты Siemens NX и Simcenter 3D для компьютерного проектирования
Назовите основные функциональные возможности программ Siemens NX и Simcenter 3D.
Как создать геометрическую модель двигателя в среде Siemens NX?
Какие виды анализа возможны в программе Simcenter 3D?
Как выполняется прочностной анализ деталей в Simcenter 3D?
Какие автоматизированные методики оптимизации формы деталей поддерживаются в Simcenter 3D?
Какие процедуры многоцелевого анализа можно реализовать в Simcenter 3D?
Приведите примеры использования инструментов Siemens NX и Simcenter 3D для проектирования энергоустановок.

Дополнительные вопросы для комплексного контроля знаний:
Каким образом вычислительные методы помогают сократить затраты и ускорить процесс проектирования энергоустановок?
Что такое PLM-система и как она способствует управлению жизненным циклом продукта?
Какая сетка предпочтительнее для точного моделирования деталей сложной формы и почему?
Какие инструменты используются для оптимизации геометрии деталей в CAD-системах?
Приведите примеры практического применения численных методов в проектировании поршневых и газотурбинных двигателей.
В чём разница между статическим и динамическим анализом деталей в Simcenter 3D?
Каковы преимущества и ограничения конечно-элементного анализа при проектировании энергоустановок?

Программа ANSA/BETA CAE Systems ANSA META и её роль в препроцессинге FEA-моделейПонятие препроцессинга и постпроцессингаЭтапы подготовки конечно-элементной модели с помощью ANSAИспользование модулей AutoGrid и MeshOpt для улучшения качества сеткиВозможности автоматического построения поверхностных и объемных сетокАвтоматизированное создание нагрузки и закрепления объектов
Лекция №5: Параметрический оптимизатор Siemens HEEDs: основы и возможности примененияПринцип работы и алгоритм действий параметрического оптимизатораФункциональные характеристики модуля HEEDs Multi-disciplinary Design Exploration (MDX)Интерфейс взаимодействия с программой и настройка критериев оптимизацииДемонстрация примеров практической реализации оптимизации конструкции двигателя
Лекция №6: Пакет MSC Nastran и выполнение структурного анализаПреимущества и недостатки пакета MSC NastranРешатели и их классификация в MSC NastranТипичные задачи прочности и динамикиПоследовательность проведения типового расчётаПрактический разбор решения задач линейного и нелинейного анализа конструкций
Ответ
Ниже представлен пример вопросов для контроля знаний студентов по дисциплине «Компьютерное проектирование и моделирование энергоустановок» на основании указанных лекций.

Лекция №4. Программа ANSA/BETA CAE Systems ANSA META и её роль в препроцессинге FEA-моделей
Что такое препроцессинг и постпроцессинг в контексте конечно-элементного анализа?

Перечислите основные этапы подготовки конечно-элементной модели с помощью программы ANSA.
Какие модули ANSA используются для улучшения качества сетки, и в чём их назначение?
Каковы возможности автоматического построения поверхностных и объемных сеток в ANSA?
Какие виды сеток можно создавать с помощью ANSA и какие критерии качественной сетки?
Каким образом в ANSA создаются нагрузки и закрепления объектов?
Какие задачи решают программы препроцессинга вроде ANSA в процессе компьютерного проектирования энергоустановок?

Лекция №5. Параметрический оптимизатор Siemens HEEDs: основы и возможности применения
Что такое параметрический оптимизатор и какова его роль в проектировании энергоустановок?
Опишите принцип работы и алгоритм действий параметрического оптимизатора HEEDs.
Перечислите функциональные характеристики модуля HEEDs Multi-disciplinary Design Exploration (MDX).
Какие критерии оптимизации можно настраивать в HEEDs?
Приведите примеры случаев, когда HEEDs использовался для оптимизации конструкции двигателя.
В чём преимущество параметрического оптимизатора HEEDs перед обычными методами оптимизации?
Что подразумевает понятие «multi-disciplinary design exploration» в контексте HEEDs?

Лекция №6. Пакет MSC Nastran и выполнение структурного анализа
Назовите основные преимущества и недостатки пакета MSC Nastran.
Какие классы решателей предусмотрены в MSC Nastran и как они классифицируются?
Приведите примеры типичных задач прочности и динамики, решаемых с помощью MSC Nastran.
Последовательно опишите шаги выполнения типового расчёта в MSC Nastran.
В чём отличие линейного анализа от нелинейного в MSC Nastran?
Какие методы анализа применяются в MSC Nastran для решения задач прочности и динамики конструкций?
Приведите реальный пример задачи, которую можно решить с помощью MSC Nastran.

Лекция №7. Современное программное обеспечение для симуляции потоков жидкости и газа
Какие основные задачи решают программы для симуляции потоков жидкости и газа (CFD-программы)?
Перечислите и кратко охарактеризуйте важнейшие программные пакеты для гидравлических и аэродинамических расчетов.
Какие критерии необходимо учитывать при выборе программы для моделирования гидродинамических процессов?
Как осуществляется пространственное моделирование процесса горения топлива в цилиндрах поршневого двигателя?
Какие особенности учитывают при моделировании теплового взаимодействия газов и поверхностей камеры сгорания газовой турбины?
Каким образом оценивается влияние конструктивных изменений на гидродинамическую эффективность узла энергоустановки?
Какие преимущества и ограничения имеются у современных программ для симуляции потоков жидкости и газа?

Лекция №8. Вопросы автоматизации проектирования и интегрированные системы PLM/SIMATIC Process Automation

Что такое концепция PLM (Product Lifecycle Management) и какие задачи она решает?

Каковы основные этапы жизненного цикла изделия и как они взаимодействуют друг с другом?

Какие инструменты и методы используются для автоматизации рабочих процессов в PLM-системах?

Что такое «цифровые двойники» и как они применяются в проектировании энергоустановок?

Какое значение имеет концепция Project Management в управлении разработкой энергоустановок?

Приведите примеры крупных компаний, успешно внедряющих решения PLM/PDM/ERP/MES.

Как влияет интеграция систем автоматизации на эффективность проектирования и эксплуатации энергоустановок?

Лекция №9. Актуальные проблемы оптимизации и перспективные технологии

Какие современные технологические концепции применяются при проектировании энергоустановок?

Какие подходы к оптимизации конструкции энергоустановок эффективны в настоящее время?

В чём преимущества гибридных схем двигателей и каковы перспективы их применения?

Какие виды экологически чистого топлива рассматриваются как перспективные для энергоустановок?

Какие проблемы возникают при адаптации существующих продуктов к новым рыночным требованиям?

Какие международные стандарты сертификации энергоустановок действуют в мире и какие новшества ожидают отрасль в ближайшее время?

Приведите примеры успешных проектов по внедрению современных технологий в энергоустановках.