Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.06.2026 12:15:50
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/
«26» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Направление подготовки/ специальность
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль/ специализация
Поршневые двигатели и турбомашины

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026

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 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины 6
3.3. Содержание дисциплины 7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 8
3.4.1. Семинарские/практические занятия 8
3.4.2. Лабораторные занятия 9
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 9
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 9
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 9
4.2 Основная литература 11
4.2 Дополнительная литература 11
4.4 Электронные образовательные ресурсы 11
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 11
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 12
5. Материально-техническое обеспечение 12
6. Методические рекомендации 13
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 13
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 14
7. Фонд оценочных средств 14
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 15
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 16
7.3 Оценочные средства 19

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся первичных теоретических знаний и начальных практических навыков в области трёхмерного параметрического моделирования деталей поршневых двигателей и турбомашин с использованием современных CAD-систем, а также освоение основ создания ассоциативных чертежей в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), необходимых для успешного освоения последующих профильных дисциплин и выполнения проектных работ на втором этапе сквозного проектирования «3D-моделирование, создание цифрового двойника».

Задачами дисциплины являются:

- ознакомление с интерфейсом и основными принципами работы в современных CAD-системах (на примере КОМПАС-3D);
- изучение методов создания параметрических эскизов с наложением размерных и геометрических зависимостей;
- освоение базовых формообразующих операций: выдавливание, вращение, кинематическая операция, операция по сечениям;
- формирование навыков создания трёхмерных параметрических моделей типовых деталей поршневых двигателей (поршень, шатун, вал, клапан);
- изучение методов создания сборочных единиц и задания геометрических сопряжений между компонентами;
- освоение принципов генерации ассоциативных чертежей по 3D-моделям, включая создание видов, разрезов, сечений, нанесение размеров, обозначение шероховатости и допусков;
- формирование понимания роли 3D-моделирования в жизненном цикле изделия и взаимосвязи с последующими этапами сквозного проектирования.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-1. Способен разрабатывать проектную и рабочую конструкторскую документацию на поршневые двигатели, турбомашины и их компоненты с использованием современных CAD-систем	**ИПК-1.1.** Способен создавать параметрическую 3D-модель детали со всеми конструктивными элементами.
	ИПК-1.2. Способен сформировывать сборочную единицу с заданными геометрическими сопряжениями.
	ИПК-1.3. Способен генерировать ассоциативный чертёж общего вида из 3D-модели по стандартам ЕСКД.
	ИПК-1.4. Способен оформлять сборочный чертёж узла двигателя с разрезами и спецификацией.
	ИПК-1.5. Способен выпускать рабочие чертежи оригинальных деталей с полем допусков и шероховатостью.
	ИПК-1.6. Способен формировать электронный архив КД (структуру изделия).

Роль дисциплины в формировании компетенций:

Формирующая. Дисциплина закладывает фундаментальные знания и начальные практические навыки работы в CAD-системах, необходимые для выполнения индикаторов компетенции ПК-1. В первом семестре, в рамках изучения дисциплины, студент осваивает интерфейс CAD-си-

стемы, методы создания параметрических моделей деталей, базовые формообразующие операции, работу с эскизами и размерными зависимостями, создание сборок и сопряжений, а также основы оформления ассоциативных чертежей. Эти знания и навыки являются основой для выполнения второго этапа сквозного проекта «3D-моделирование, создание цифрового двойника», обеспечивая переход от концептуальных идей к трёхмерным параметрическим моделям деталей поршневого двигателя. Освоенные в данной дисциплине компетенции развиваются и закрепляются в последующих дисциплинах: «Автоматизированное проектирование в двигателестроении» (Б1.1.12), «Конструирование и расчёт поршневых двигателей» (Б1.2.8) и «Разработка конструкторской документации на двигатели и их компоненты» (Б1.2.15).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«3D-моделирование деталей энергоустановок»** относится к **факультативным дисциплинам** учебного плана (код дисциплины: ФТД.2) и изучается в **1-м семестре**.

Данная дисциплина является **вводной и формирующей** в области трёхмерного параметрического моделирования, закладывая первичные знания и навыки работы в CAD-системах. В отличие от дисциплины «Автоматизированное проектирование в двигателестроении» (Б1.1.12), которая изучается во 2-3-м семестрах и предполагает более глубокое освоение параметрического моделирования и подготовку моделей для CAE-анализа, данный факультатив формирует **базовые, начальные навыки** работы в CAD-системе, необходимые для выполнения графических работ на протяжении всего периода обучения.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении следующих дисциплин и курсов:

- **Черчение** (школьный курс, при наличии) — начальные представления о правилах оформления чертежей, видах, разрезах, сечениях;
- **Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин** (Б1.1.9, 1-2 семестры), изучаемое параллельно, — даёт основы начертательной геометрии и инженерной графики;
- **Информатика** (школьный курс) — начальные навыки работы с программным обеспечением.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении следующих дисциплин и освоении элементов образовательной программы, обеспечивая выполнение второго этапа сквозного проекта:

- **Автоматизированное проектирование в двигателестроении** (Б1.1.12, 2-3 семестры) — развивает и углубляет навыки параметрического моделирования, подготовку моделей для расчётного обоснования;
- **Конструкция поршневых двигателей** (Б1.2.2, 2 семестр) — при изучении конструкции двигателя используются 3D-модели и чертежи;
- **Конструирование и расчёт поршневых двигателей** (Б1.2.8, 6 семестр) — требует выполнения чертежей в рамках курсового проекта;
- **Разработка конструкторской документации на двигатели и их компоненты** (Б1.2.15, 7 семестр) — опирается на навыки создания чертежей по 3D-моделям;
- **Проектная деятельность** (Б1.2.1.2, 2-7 семестры) — использует навыки 3D-моделирования для выполнения проектов;
- Все последующие дисциплины, связанные с проектированием и конструированием, а также подготовка и защита выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			1

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
1	Аудиторные занятия	32	32
	В том числе:		
1.1	Лекции	16	16
1.2	Семинарские/практические занятия	16	16
1.3	Лабораторные занятия	–	–
2	Самостоятельная работа	40	40
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет	Зачет
	Итого	72	72

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Тема 1. Введение в 3D-моделирование. Интерфейс CAD-системы	8	4	2	2	–	4
2	Тема 2. Базовые операции: эскиз и выдавливание	10	4	2	2	–	6
3	Тема 3. Операция вращения и элемент по траектории	10	4	2	2	–	6
4	Тема 4. Элементы по сечениям и вспомогательные построения	10	4	2	2	–	6
5	Тема 5. Моделирование типовых деталей энергоустановок	12	6	2	4	–	6

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
6	Тема 6. Создание сборочных единиц и сопряжений	12	6	2	4	–	6
7	Тема 7. Основы создания чертежей по 3D-моделям	10	4	2	2	–	6
	Итого	72	32	16	16	–	40

3.3. Содержание дисциплины

Тема 1.

Введение в 3D-моделирование. Интерфейс CAD-системы

Основные понятия трёхмерного моделирования: твёрдотельное и поверхностное моделирование. Обзор современных CAD-систем (КОМПАС-3D, AutoCAD, SolidWorks). Знакомство с интерфейсом, настройка рабочей среды. Основные элементы управления: панели инструментов, дерево построения, система координат. Типы файлов: деталь, сборка, чертёж. Правила организации рабочего пространства и сохранения файлов. Роль 3D-моделирования в жизненном цикле поршневого двигателя.

Тема 2.

Базовые операции: эскиз и выдавливание

Понятие эскиза, его роль в создании трёхмерных моделей. Инструменты создания эскиза: отрезок, окружность, дуга, прямоугольник, сплайн. Нанесение размеров и зависимостей. Правила создания корректного эскиза. Операция выдавливания: параметры выдавливания (глубина, направление, уклон). Создание простых деталей (пластина, бобышка). Операция вырезания выдавливанием. Создание детали «Поршневое кольцо» как пример простого тела вращения с вырезами.

Тема 3.

Операция вращения и элемент по траектории

Операция вращения: принцип действия, ось вращения, угол вращения. Создание деталей типа «тела вращения» (вал, поршень, клапан). Особенности построения эскизов для вращения. Элемент по траектории: принцип действия, профиль и траектория. Требования к траектории и профилю. Создание пружин, трубопроводов, элементов сложной формы. Примеры применения в двигателестроении: моделирование впускного патрубка, масляного канала.

Тема 4.

Элементы по сечениям и вспомогательные построения

Принцип построения элементов по нескольким сечениям. Создание плавных переходов между различными профилями. Применение для моделирования корпусных деталей, лопаток, переходников. Вспомогательные элементы: фаски, скругления, отверстия, рёбра жёсткости, уклоны, оболочки. Правила применения и влияние на геометрию модели. Примеры использования при моделировании корпуса компрессора или головки блока цилиндров.

Тема 5.

Моделирование типовых деталей энергоустановок

Практика создания трёхмерных моделей типовых деталей поршневых двигателей и турбомашин. Моделирование вала: этапы построения, учёт шпоночных пазов, проточек, фасок. Мо-

делирование поршня: создание профиля, канавок под кольца, бобышек под палец. Моделирование шатуна: стержень, верхняя и нижняя головки, отверстия под втулки и вкладыши. Моделирование корпусных деталей: создание внутренних полостей, рёбер, приливов, отверстий. Анализ модели на наличие ошибок и интерференций.

Тема 6.

Создание сборочных единиц и сопряжений

Понятие сборки, добавление компонентов. Типы сопряжений: соосность, совпадение, параллельность, касательность, расстояние, угол. Создание сборки поршневой группы: поршень, палец, кольца, шатун. Проверка собираемости, анализ интерференций. Создание зеркальных копий и массивов компонентов. Использование библиотек стандартных изделий (болты, гайки, подшипники). Сохранение структуры сборки и управление конфигурациями.

Тема 7.

Основы создания чертежей по 3D-моделям

Принципы ассоциативности чертежей и трёхмерных моделей. Создание видов: главного, сверху, слева, изометрических. Настройка масштаба и положения видов. Нанесение размеров, обозначение шероховатости, допусков формы и расположения. Создание разрезов и сечений. Оформление сборочных чертежей и спецификаций. Вывод чертежей на печать и экспорт в различные форматы. Требования ЕСКД к оформлению конструкторской документации.

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
1	Тема 1	Настройка интерфейса CAD-системы. Создание и сохранение файлов. Типы документов (деталь, сборка, чертёж).	2
2	Тема 2	Создание эскизов с наложением размерных и геометрических зависимостей. Понятие «полностью определённый эскиз». Использование переменных.	2
3	Темы 2, 3	Создание простых деталей операциями выдавливания и вращения. Моделирование вала, поршня, поршневого кольца.	2
4	Темы 3, 4	Создание деталей кинематической операцией (элемент по траектории) и операцией по сечениям. Моделирование пружины, патрубка, лопатки.	2
5	Тема 4	Добавление вспомогательных элементов: фаски, скругления, отверстия (простые, ступенчатые, резьбовые), рёбра жёсткости, уклоны, оболочки.	2
6	Тема 5	Моделирование типовых деталей энергоустановок: шатун, поршень, вал (на выбор преподавателя или в соответствии с темой сквозного проекта).	2
7	Тема 6	Создание сборки «Поршневая группа» с заданием сопряжений (соосность, совпадение, параллельность, касательность, расстояние). Добавление стандартных изделий из библиотек. Анализ интерференций.	2
8	Тема 7	Создание ассоциативного чертежа по 3D-модели детали (виды, разрезы, сечения, нанесение размеров, обозначение шероховатости и допусков). Оформление сборочного чертежа и спецификации.	2

№ п/п	№ раздела дисци-плины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
Итого			16

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

.

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Индивидуальные задания, выполняемые на практических занятиях и в рамках самостоятельной работы, направлены на формирование первичных навыков моделирования и являются подготовкой к выполнению курсовых проектов по дисциплине «Автоматизированное проектирование в двигателестроении» на последующих этапах обучения.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

При изучении дисциплины «3D-моделирование деталей энергоустановок» и выполнении учебных, расчётно-графических и проектных работ необходимо руководствоваться следующими нормативными документами и межгосударственными стандартами, регламентирующими правила выполнения и оформления конструкторской документации в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

Основополагающие стандарты ЕСКД

ГОСТ 2.001-2013 «Единая система конструкторской документации. Основные положения» устанавливает цели, задачи, структуру и область распространения стандартов ЕСКД, определяет порядок разработки, оформления и обращения конструкторской документации.

ГОСТ 2.101-2016 «Единая система конструкторской документации. Виды изделий» устанавливает классификацию изделий машиностроения и приборостроения по их конструктивным признакам, что необходимо для правильного определения типа разрабатываемого изделия (деталь, сборочная единица, комплекс, комплект).

ГОСТ 2.102-2013 «Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов» определяет перечень и классификацию конструкторских документов (чертёж детали, сборочный чертёж, спецификация, технические условия и др.), а также требования к их комплектности в зависимости от стадии разработки.

ГОСТ 2.103-2013 «Единая система конструкторской документации. Стадии разработки» устанавливает стадии разработки конструкторской документации (техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая документация), что необходимо для понимания места 3D-моделирования в общем процессе проектирования.

Стандарты на правила выполнения чертежей

ГОСТ 2.109-73 «Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам» устанавливает основные требования к выполнению чертежей деталей, сборочных чертежей, габаритных и монтажных чертежей, включая требования к изображениям, размерам, надписям и техническим требованиям.

ГОСТ 2.113-75 «Единая система конструкторской документации. Групповые и базовые конструкторские документы» устанавливает правила выполнения групповых и базовых конструкторских документов, что используется при создании параметрических семейств деталей (например, семейства поршневых колец или клапанов).

ГОСТ 2.305-2008 «Единая система конструкторской документации. Изображения — виды, разрезы, сечения» устанавливает правила изображения предметов на чертежах, включая виды (главный, сверху, слева, изометрические), разрезы (простые, сложные, местные) и сечения (вынесенные, наложенные). Данный стандарт является основополагающим при создании ассоциативных чертежей по 3D-моделям.

ГОСТ 2.306-68 «Единая система конструкторской документации. Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах» устанавливает условные графические обозначения материалов в сечениях и разрезах (металлы, неметаллические материалы, жидкости и др.).
ГОСТ 2.307-2011 «Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений» устанавливает правила нанесения линейных и угловых размеров на чертежах, а также способы указания предельных отклонений размеров, что необходимо для оформления рабочих чертежей деталей.
ГОСТ 2.308-2011 «Единая система конструкторской документации. Указание допусков формы и расположения поверхностей» устанавливает правила обозначения на чертежах допусков формы (прямолинейности, плоскостности, круглости, цилиндричности) и допусков расположения поверхностей (параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности).
ГОСТ 2.309-73 «Единая система конструкторской документации. Обозначение шероховатости поверхностей» устанавливает правила обозначения шероховатости поверхностей на чертежах, включая числовые значения параметров (Ra, Rz) и условные обозначения вида обработки.
ГОСТ 2.310-68 «Единая система конструкторской документации. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки» устанавливает правила обозначения на чертежах покрытий (гальванических, лакокрасочных), термической обработки и других видов обработки.

Стандарты на выполнение сборочных чертежей и спецификаций

ГОСТ 2.315-68 «Единая система конструкторской документации. Изображения упрощённые и условные крепёжных деталей» устанавливает упрощённые и условные изображения крепёжных деталей (болтов, винтов, гаек, шпилек, шайб) на сборочных чертежах.
ГОСТ 2.316-2008 «Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на чертежах» устанавливает правила размещения текстовой информации на чертежах, включая технические требования, таблицы параметров, надписи.
ГОСТ 2.401-68 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей пружин» устанавливает правила изображения пружин на чертежах (применяется при моделировании пружин клапанов).
ГОСТ 2.402-68 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей зубчатых колёс» устанавливает правила изображения зубчатых колёс на чертежах (применяется при моделировании зубчатых передач, если они используются в проектируемых узлах).
ГОСТ 2.403-75 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колёс» уточняет правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колёс.
ГОСТ 2.420-69 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей подшипников качения» устанавливает упрощённые изображения подшипников качения на сборочных чертежах.

Стандарты на электронные модели и документы

ГОСТ 2.051-2013 «Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения» устанавливает требования к электронным конструкторским документам, включая 3D-модели, электронные чертежи и спецификации, что важно для формирования электронного архива конструкторской документации.
ГОСТ 2.052-2015 «Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения» определяет требования к трёхмерным электронным моделям изделий, включая правила их создания, хранения и использования в процессе проектирования. Данный стандарт является ключевым для дисциплины 3D-моделирования.
ГОСТ 2.053-2013 «Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Общие положения» устанавливает требования к формированию электронной структуры изделия (дерева сборки), что соответствует индикатору ИПК-1.6 (формирование электронного архива КД и структуры изделия).

Стандарты на форматы и масштабы

ГОСТ 2.301-68 «Единая система конструкторской документации. Форматы» устанавливает размеры форматов чертежей (А4, А3, А2, А1, А0) и правила их выбора в зависимости от сложности и габаритов изделия.
ГОСТ 2.302-68 «Единая система конструкторской документации. Масштабы» устанавливает ряд масштабов для выполнения чертежей (натуральная величина, масштабы уменьшения и увеличения) и правила их обозначения.
ГОСТ 2.303-68 «Единая система конструкторской документации. Линии» устанавливает типы линий, применяемых на чертежах (сплошная основная, сплошная тонкая, штриховая, штрихпунктирная и др.), их толщину и назначение.
ГОСТ 2.304-81 «Единая система конструкторской документации. Шрифты чертёжные» устанавливает размеры и начертания шрифтов для выполнения надписей на чертежах.
ГОСТ 2.317-2011 «Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции» устанавливает правила построения аксонометрических проекций (изометрической, диметрической) для наглядного изображения деталей и сборочных единиц.

4.2 Основная литература

1. Кудрявцев, Е. М. КОМПАС-3D V10. Максимально полное руководство : руководство : в 2 томах / Е. М. Кудрявцев. — Москва : ДМК Пресс, [б. г.]. — Том 1 — 2008. — 1184 с. — ISBN 978-5-94074-428-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/1304
2. Кудрявцев, Е. М. КОМПАС-3D V10. Максимально полное руководство : руководство : в 2 томах / Е. М. Кудрявцев. — Москва : ДМК Пресс, [б. г.]. — Том 2 — 2008. — 1184 с. — ISBN 978-5-94074-428-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/1305

4.2 Дополнительная литература

1. Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика (принципиальные схемы в среде «КОМПАС-3D V16») : учебно-методическое пособие / составители Н. М. Петровская, М. Н. Кузнецова. — Красноярск : СФУ, 2020. — 184 с. — ISBN 978-5-7638-3938-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/181535
2. Компас-3D V16 : учебно-методическое пособие. — Москва : ТУСУР, 2019. — 99 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/313067

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Основы автоматизированного проектирования в энергомашиностроении (КОМПАС)
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=9369
Основы автоматизированного проектирования в энергомашиностроении (Компас)
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=9378

4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Для освоения дисциплины и выполнения учебных, научно-исследовательских и проектных работ в рамках образовательной программы рекомендуется использование следующего лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Microsoft Windows – лицензионная операционная система, используемая для обеспечения работы всех учебных компьютеров и персональных устройств в аудиториях университета. Доступна на всех компьютерах университета в рамках лицензионного соглашения. Студенты могут использовать свободно распространяемые альтернативы (Linux, Astra Linux) для выполнения учебных задач.

Microsoft Office – лицензионный пакет офисных приложений, включающий текстовый редактор Word, табличный процессор Excel, программу для создания презентаций PowerPoint. Используется для оформления расчётно-пояснительных записок, отчётов, презентаций и другой

учебной документации. Доступен на компьютерах университета. Свободными аналогами являются LibreOffice и OpenOffice.

КОМПАС-3D – российская система трёхмерного моделирования, широко используемая в отечественном машиностроении. Позволяет выполнять параметрическое моделирование, создавать чертежи в соответствии с ЕСКД, проводить прочностные расчёты в среде APM FEM. Учебная версия доступна для свободного скачивания на сайте разработчика (https://kompas.ru).

4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для успешного освоения образовательной программы и выполнения научно-исследовательских, проектных и выпускных квалификационных работ студентам рекомендуется использовать следующие современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – крупнейшая российская электронная библиотека научных публикаций, интегрированная с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ). Содержит полнотекстовые статьи из научных журналов по энергетическому машиностроению, двигателестроению и смежным отраслям. Позволяет отслеживать публикационную активность и находить актуальные исследования. Доступ открыт с любого компьютера через сеть Интернет по адресу: https://elibrary.ru.

КиберЛенинка – научная электронная библиотека открытого доступа. Содержит полнотекстовые научные статьи, в том числе по техническим наукам, энергетическому машиностроению и двигателестроению. Все материалы доступны бесплатно. Адрес ресурса: https://cyberleninka.ru.

Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (docs.cntd.ru) – бесплатная база нормативных документов, включающая ГОСТы, технические условия, строительные нормы и правила. Удобна для оперативного поиска актуальных стандартов, необходимых при проектировании и расчётах деталей и узлов двигателей. Адрес: https://docs.cntd.ru.

Росстандарт (ФГУП «Стандартинформ») – официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Содержит информацию о действующих стандартах, технических регламентах и нормативных документах. Адрес: https://www.gost.ru.

Научная библиотека Московского политехнического университета – электронный каталог библиотеки университета, содержащий информацию о фондах учебной и научной литературы. Доступен с любого устройства, имеющего подключение к интернету. Адрес: https://lib.mospolytech.ru.

«Известия вузов. Машиностроение» – рецензируемый научный журнал открытого доступа, публикующий статьи по актуальным проблемам машиностроения, включая двигателестроение. Входит в перечень ВАК. Содержит исследования по рабочему процессу ДВС, динамике, прочности и другим направлениям. Адрес: https://izvuzmash.ru.

Объединение сетевых электронных библиотек (СЭБ) – некоммерческое партнёрство, объединяющее научную и учебную литературу вузов — участников проекта. Обеспечивает доступ к учебно-методическим материалам по техническим специальностям. Доступ осуществляется через портал ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com (авторизация по IP-адресам университета или через личный кабинет).

5. Материально-техническое обеспечение

Для успешного освоения дисциплины используется общий аудиторный фонд университета и специализированные аудитории, закреплённые за кафедрой, имеющие следующее материально-техническое обеспечение:

Наименование специальных помещений	Оснащённость специальных помещений
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, экран для проектора, переносной ноутбук, проектор. Возможность доступа в интернет.

Наименование специальных помещений	Оснащённость специальных помещений
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-223 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет.
Компьютерный класс № Нд-224 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Компьютеры и мебель для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет.
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-229 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет.
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Н-406 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, экран для проектора, переносной ноутбук, проектор. Возможность доступа в интернет.

6. Методические рекомендации

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Эффективность освоения дисциплины определяется качеством организации учебного процесса, выбором адекватных форм и методов обучения. Преподавателю необходимо учитывать специфику дисциплины, уровень подготовленности обучающихся и современные образовательные технологии.

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.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- чётко представлять, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- ознакомиться с видами учебной работы и содержанием разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен:

- назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы;
- во вступительной части обосновать место и роль темы, раскрыть её практическое значение, увязать с предыдущим материалом;
- в основной части раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание на ключевых категориях, явлениях и процессах, аргументированно обосновывать собственную позицию, приводить примеры, задавать риторические вопросы;
- руководить конспектированием, подчёркивая необходимость фиксации основных положений;
- в заключительной части сформулировать выводы, объявить план следующего занятия, дать рекомендации по подготовке.

При проведении практических (семинарских) занятий рекомендуется:

- обеспечивать активное участие всех студентов, использовать индивидуальные выступления, групповые дискуссии, решение практических задач, разбор кейсов;
- контролировать степень усвоения материала, поощрять самостоятельный поиск информации.

При проведении лабораторных занятий (при наличии) рекомендуется:

- ознакомить студентов с правилами техники безопасности;
- обеспечить понимание цели и задач каждой работы;
- организовать защиту работ с оценкой понимания сущности изучаемых процессов.

При организации самостоятельной работы студентов следует:

- чётко формулировать задания, указывать сроки выполнения;
- обеспечивать необходимыми учебно-методическими материалами;
- осуществлять регулярный контроль выполнения.

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации рекомендуется:

- использовать разнообразные формы контроля в соответствии с фондом оценочных средств;
- обеспечить объективность оценивания, руководствуясь установленными критериями;
- своевременно доводить результаты до студентов с указанием ошибок и рекомендаций.

В целях повышения эффективности образовательного процесса рекомендуется использовать:

- мультимедийные презентации для визуализации материала;
- интерактивные методы обучения (деловые игры, дискуссии, разбор кейсов);
- дистанционные образовательные технологии;
- материалы, размещённые в системе дистанционного обучения Московского Политеха (СДО-LMS).

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. Эффективное освоение предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объёме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы и взять в библиотеке необходимые издания. Доступ к информационным ресурсам организован в читальных залах библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного устройства через беспроводной доступ.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой с рекомендованными источниками и материалами лекций. Начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно.

Каждый студент должен самостоятельно планировать свою работу, исходя из возможностей и приоритетов. Для плодотворной работы важно организовать постоянное рабочее место, чередовать труд и отдых (перерывы каждые 1–2 часа).

Особое место уделяется консультированию как форме обучения и контроля. Консультирование предполагает взаимодействие между преподавателем и студентами, направленное на разрешение проблем.

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется:

- систематически посещать лекции, вести конспект;
- готовиться к практическим занятиям заранее, изучая теорию и выполняя задания;
- при наличии лабораторных работ — выполнять их в соответствии с методическими указаниями, оформлять отчёты и готовиться к защите;
- своевременно выполнять задания для самостоятельной работы;
- активно участвовать в обсуждениях, задавать вопросы;
- использовать СДО-LMS для доступа к материалам и выполнения тестов;
- регулярно проверять свои знания с помощью вопросов для самопроверки.

При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации рекомендуется:

- повторить теоретический материал по соответствующим разделам;
- выполнить практические задания, аналогичные разобранным на занятиях;
- ознакомиться с критериями оценивания;
- систематизировать материал, составить краткий план ответов;
- при необходимости посетить консультацию преподавателя.

Соблюдение данных рекомендаций позволит качественно освоить учебный материал и успешно пройти все формы контроля.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Сформированность компетенций при изучении дисциплины определяется посредством оценки соответствия ответов и выполнения заданий заявленным индикаторам в рамках мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации в форме зачета.

Дисциплина «3D-моделирование деталей энергоустановок» является формирующей для компетенции ПК-1, обеспечивая фундаментальные знания и практические навыки в области трёхмерного параметрического моделирования, создания цифровых двойников деталей поршневых двигателей и турбомашин с использованием современных CAD-систем, необходимых для выполнения второго этапа сквозного проекта «3D-моделирование, создание цифрового двойника».

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность следующих компетенций и индикаторов.

По компетенции ПК-1 (способен разрабатывать проектную и рабочую конструкторскую документацию на поршневые двигатели, турбомашины и их компоненты с использованием современных CAD-систем) проверяются следующие индикаторы достижения компетенции:

- **ИПК-1.1.** Способен создавать параметрическую 3D-модель детали со всеми конструктивными элементами.
- **ИПК-1.2.** Способен сформировывать сборочную единицу с заданными геометрическими сопряжениями.
- **ИПК-1.3.** Способен генерировать ассоциативный чертёж общего вида из 3D-модели по стандартам ЕСКД.
- **ИПК-1.4.** Способен оформлять сборочный чертёж узла двигателя с разрезами и спецификацией.
- **ИПК-1.5.** Способен выпускать рабочие чертежи оригинальных деталей с полем допусков и шероховатостью.
- **ИПК-1.6.** Способен формировать электронный архив КД (структуру изделия).

Дисциплина «3D-моделирование деталей энергоустановок» формирует фундаментальные знания и практические навыки, необходимые для выполнения указанных индикаторов компетенций. В первом семестре, в рамках изучения дисциплины, студент осваивает интерфейс CAD-систем, методы создания параметрических моделей деталей, базовые формообразующие операции, работу с эскизами и размерными зависимостями, создание сборок и сопряжений, а также основы оформления ассоциативных чертежей. Эти знания и навыки являются основой для выполнения второго этапа сквозного проекта «3D-моделирование, создание цифрового двойника», обеспечивая переход от концептуальных идей к трёхмерным параметрическим моделям деталей поршневого двигателя.

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по модулям

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ), направленных на проверку знаний теоретических основ параметрического моделирования, принципов работы CAD-систем, методов создания эскизов и формообразующих операций, правил создания сборок и сопряжений, основ оформления конструкторской документации. Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест составляет 20. Оценка «зачтено» выставляется при выполнении верно более 75 процентов заданий (набрано более 15 баллов). Данный метод контроля позволяет оценить сформированность индикаторов ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3, ИПК-1.4, ИПК-1.5 и ИПК-1.6 в части теоретических основ 3D-моделирования.

Устный опрос (собеседование)

Проводится в ходе практических занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать принципы параметрического моделирования, анализировать геометрические формы деталей, обосновывать выбор операций формообразования и типов сопряжений. При оценивании учитывается не только содержание ответа, но и качество устной речи, аргументированность суждений, умение вести профессиональную

дискуссию и использовать профессиональную терминологию. Устный опрос может быть как индивидуальным, так и фронтальным. В рамках сквозного проекта устный опрос позволяет оценить способность студента обосновывать выбор параметров модели и последовательность построений. Данный метод позволяет оценить сформированность индикаторов ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3, ИПК-1.4, ИПК-1.5 и ИПК-1.6.

Практические занятия

Практические занятия являются основной формой практического обучения. В ходе выполнения практических заданий (настройка интерфейса CAD-системы, создание эскизов с размерными и геометрическими зависимостями, создание параметрических моделей деталей операциями выдавливания, вращения, кинематической операцией, операцией по сечениям, создание сборок и сопряжений, создание ассоциативных чертежей) оценивается способность студента применять теоретические знания для решения конкретных профессиональных задач. При выполнении практических заданий оценивается способность студента работать в CAD-системе, соблюдать установленные сроки выполнения заданий, а также качество оформления полученных результатов (3D-моделей и чертежей). Результаты выполнения практических заданий фиксируются в виде чертежей и 3D-моделей, которые защищаются студентом в устной форме. Данный метод позволяет оценить сформированность индикаторов ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3, ИПК-1.4, ИПК-1.5 и ИПК-1.6.

Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены учебным планом.

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. В первом семестре индивидуальное задание представляет собой выполнение параметрической 3D-модели детали поршневого двигателя (поршень, шатун, коленчатый вал, клапан) и создание ассоциативного чертежа по модели. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра. В процессе выполнения задания студент должен продемонстрировать умение анализировать геометрическую форму детали, создавать параметрическую модель со всеми конструктивными элементами, генерировать ассоциативный чертеж по модели в соответствии с требованиями ЕСКД. Результаты оформляются в виде пояснительной записки и электронных файлов 3D-модели и чертежа. При оценке учитываются полнота выполнения задания, правильность построения модели и чертежа, соблюдение требований ЕСКД, качество оформления отчета, а также соблюдение сроков выполнения этапов работы. Данный метод позволяет оценить сформированность индикаторов ИПК-1.1, ИПК-1.3, ИПК-1.5 и ИПК-1.6.

Зачет

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета по завершении изучения дисциплины. Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины, с обязательным выполнением практического задания (создание 3D-модели детали в CAD-системе или генерация ассоциативного чертежа по модели). Зачет позволяет комплексно оценить целостность сформированных знаний и умений, а также способность студента применять их для решения профессиональных задач, связанных с созданием цифровых двойников деталей в рамках второго этапа сквозного проекта «3D-моделирование, создание цифрового двойника». На зачете проверяются все индикаторы компетенции ПК-1.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в форме «зачтено» или «не зачтено» как для мероприятий текущего контроля, так и для промежуточной аттестации в форме зачета.

Критерии оценки текущего (рубежного) тестирования по модулям

Текущее (рубежное) тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест составляет 20.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно более 75 процентов заданий теста, то есть набрано более 15 баллов. Студент, получивший «зачтено», демонстрирует достаточное знание теоретического материала модуля, владеет основными понятиями параметрического моделирования, понимает принципы работы CAD-систем, знает основные операции формообразования и типы сопряжений. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3, ИПК-1.4, ИПК-1.5 и ИПК-1.6 в части теоретических основ 3D-моделирования.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно менее 75 процентов заданий теста, то есть набрано 15 баллов и менее. Студент, получивший «не зачтено», не владеет основным материалом модуля, допускает грубые ошибки в понимании принципов параметрического моделирования, не знает основных операций CAD-систем. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

Критерии оценки устного опроса (собеседования)

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который продемонстрировал достаточный уровень знаний материала. Студент свободно ориентируется в принципах параметрического моделирования, понимает методы создания эскизов и формообразующих операций, знает правила создания сборок и сопряжений, основы оформления конструкторской документации в CAD-системах. Студент способен логично и аргументированно излагать свои мысли, отвечать на уточняющие вопросы, использует профессиональную терминологию. Допускаются отдельные неточности, не искажающие сути ответа.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает грубые ошибки в изложении, не может объяснить принципы работы CAD-систем, не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией, а также не может связно и понятно выразить свои мысли в устной форме.

Критерии оценки практических занятий

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил практическое задание правильно и в установленные сроки. Студент продемонстрировал умение работать в CAD-системе, создавать параметрические модели деталей, применять формообразующие операции, создавать эскизы с размерными и геометрическими зависимостями, формировать сборки с заданием сопряжений, генерировать ассоциативные чертежи. При защите выполненного задания студент показывает понимание цели и методики проведения работы, уверенно отвечает на контрольные вопросы, правильно интерпретирует полученные результаты. Отчёт (чертёж, 3D-модель) оформлен в соответствии с требованиями.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил практическое задание, выполнил его не в полном объёме или выполнил с грубыми ошибками. При защите студент не понимает цели и методики работы, не может ответить на контрольные вопросы, допускает грубые ошибки в интерпретации результатов. Отсутствует отчёт или он оформлен с грубыми нарушениями требований. Студент обязан выполнить практическое задание повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание в полном объёме и в установленные сроки. Студент демонстрирует понимание геометрической формы детали, самостоятельно создаёт параметрическую 3D-модель со всеми конструктивными элементами. Ассоциативный чертёж выполнен в соответствии с требованиями ЕСКД, виды, разрезы и сечения выбраны корректно, размеры нанесены правильно, обозначены шероховатость и допуски. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями. При защите студент свободно владеет материалом, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание взаимосвязи между моделью и чертежом. Сформированность индикаторов ИПК-1.1, ИПК-1.3, ИПК-1.5 и ИПК-1.6 оценивается на пороговом или более высоком уровне.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил индивидуальное задание, выполнил его не в полном объёме (отсутствует 3D-модель или чертёж) или допустил грубые ошибки. Студент не демонстрирует понимания методов параметрического моделирования, не владеет навыками работы в CAD-системе. При защите студент не отвечает на вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня. Студент обязан выполнить индивидуальное задание повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки ответа на зачете

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который продемонстрировал достаточный уровень знаний и умений, необходимых для формирования компетенций по дисциплине. Студент свободно ориентируется в принципах параметрического моделирования, знает методы создания эскизов и формообразующих операций, правила создания сборок и сопряжений, основы оформления конструкторской документации в CAD-системах. Студент способен логично и аргументированно строить устное высказывание, вести диалог с преподавателем по профессиональной тематике, использует профессиональную терминологию. Ответы на теоретические вопросы в целом правильные, но могут содержать незначительные неточности, не искажающие сути. При выполнении практического задания (создание 3D-модели детали в CAD-системе или генерация ассоциативного чертежа по модели) студент демонстрирует понимание методики выполнения работы и способность применять полученные знания для решения конкретной профессиональной задачи. Сформированность индикаторов ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3, ИПК-1.4, ИПК-1.5 и ИПК-1.6 оценивается на пороговом или базовом уровне, что позволяет студенту приступить к выполнению второго этапа сквозного проекта «3D-моделирование, создание цифрового двойника».

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не продемонстрировал достаточного уровня знаний и умений. Допущены существенные ошибки, отсутствует понимание принципов параметрического моделирования. Студент не может выполнить практическое задание или выполняет его с грубыми ошибками, не понимает принципов работы CAD-систем. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Уровень подготовки недостаточен для формирования требуемых компетенций и выполнения этапа сквозного проекта.

Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность знаний и навыков, необходимых для освоения индикаторов компетенции ПК-1. Дисциплина является формирующей для указанной компетенции.

ИПК-1.1 (способен создавать параметрическую 3D-модель детали со всеми конструктивными элементами) формируется через выполнение практических заданий и индивидуального задания по созданию параметрических моделей деталей, использование переменных и глобальных параметров, применение формообразующих операций. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, индивидуальное задание, зачет.

ИПК-1.2 (способен сформировывать сборочную единицу с заданными геометрическими сопряжениями) формируется через выполнение практических заданий по созданию сборок, заданию сопряжений (соосность, совпадение, параллельность, касательность, расстояние, угол), анализу интерференций. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, зачет.

ИПК-1.3 (способен генерировать ассоциативный чертёж общего вида из 3D-модели по стандартам ЕСКД) формируется через выполнение практических заданий и индивидуального задания по созданию ассоциативных чертежей, генерации видов, разрезов, сечений, нанесению размеров. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, индивидуальное задание, зачет.

ИПК-1.4 (способен оформлять сборочный чертёж узла двигателя с разрезами и спецификацией) формируется через выполнение практических заданий по созданию сборочных чертежей, нанесению номеров позиций, составлению спецификаций. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, зачет.

ИПК-1.5 (способен выпускать рабочие чертежи оригинальных деталей с полем допусков и шероховатостью) формируется через выполнение практических заданий и индивидуального задания по созданию рабочих чертежей деталей с нанесением размеров, допусков, обозначением шероховатости. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, индивидуальное задание, зачет.

ИПК-1.6 (способен формировать электронный архив КД) формируется через освоение правил сохранения и структурирования файлов 3D-моделей, чертежей, спецификаций в рамках выполнения практических заданий и индивидуального задания. Проверяется методами: практические занятия, индивидуальное задание, зачет.

Оценка сформированности знаний и навыков осуществляется комплексно с использованием всех методов контроля. Результаты текущего и рубежного тестирования, устных опросов, выполнения практических заданий, защиты индивидуального задания в рамках сквозного проекта, а также зачета учитываются при формировании итоговой оценки по дисциплине и оценке выполнения второго этапа сквозного проекта. Дисциплина «3D-моделирование деталей энергоустановок» закладывает содержательную основу для последующего формирования компетенций на этапах расчётного обоснования, верификации и оптимизации конструкции, обеспечивая студента навыками создания цифровых двойников деталей, необходимыми для последующего CAE-анализа и разработки конструкторской документации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Дисциплина изучается в 1-м семестре. Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определенные темы.

Модуль 1 (недели 1–8) — Основы параметрического моделирования

Включает темы:

- Тема 1. Введение в 3D-моделирование. Интерфейс CAD-системы
- Тема 2. Базовые операции: эскиз и выдавливание
- Тема 3. Операция вращения и элемент по траектории
- Тема 4. Элементы по сечениям и вспомогательные построения

Модуль 2 (недели 9–16) — Моделирование деталей, сборки и чертежи

Включает темы:

- Тема 5. Моделирование типовых деталей энергоустановок
- Тема 6. Создание сборочных единиц и сопряжений
- Тема 7. Основы создания чертежей по 3D-моделям
- Выполнение индивидуального задания

Перечень вопросов для собеседования:

Роль 3D-моделирования в современном двигателестроении. Место дисциплины в сквозном проекте: создание цифрового двойника.

Обзор современных CAD-систем (КОМПАС-3D, SolidWorks, Autodesk Inventor). Принципы параметрического моделирования.

Интерфейс CAD-системы: панели инструментов, дерево построения, система координат. Настройка рабочей среды и шаблонов документов.

Основные типы файлов: деталь, сборка, чертёж. Управление деревом построения.

Понятие параметрической модели. Создание эскизов: инструменты создания геометрии (отрезок, окружность, дуга, прямоугольник, сплайн).

Размерные зависимости в эскизах: линейные, радиальные, угловые размеры. Геометрические зависимости: параллельность, перпендикулярность, касательность, равенство, совпадение.

Понятие «полностью определённый эскиз». Использование переменных и глобальных параметров.

Операция выдавливания: параметры (глубина, направление, уклон). Создание приливов и вырезов выдавливанием.

Операция вращения: требования к эскизу (ось вращения, незамкнутый контур). Применение для моделирования тел вращения (вал, поршень, клапан).

Кинематическая операция (элемент по траектории): требования к профилю и траектории. Применение для моделирования пружин, трубопроводов, масляных каналов.

Операция по сечениям: построение плавных переходов между различными профилями. Применение для моделирования корпусных деталей, лопаток, переходников.

Вспомогательные элементы: фаски, скругления, отверстия (простое, ступенчатое, резьбовое), рёбра жёсткости, уклоны, оболочки. Правила применения.

Использование массивов элементов (прямоугольный, круговой, по траектории). Создание моделей с элементами литейных и штамповочных уклонов.

Понятие семейства деталей. Создание параметрических моделей с таблицей параметров. Разработка семейства поршневых колец, клапанов.

Создание пользовательских библиотек стандартных изделий. Подключение и использование библиотек.

Перечень вопросов для собеседования:

1. Методология создания 3D-модели детали: анализ геометрической формы, определение последовательности построения, выбор базовой плоскости.
2. Моделирование вала: этапы построения, учёт шпоночных пазов, проточек, фасок. Особенности моделирования коленчатого вала.
3. Моделирование поршня: создание профиля, канавок под кольца, бобышек под палец. Моделирование внутренних полостей для охлаждения.
4. Моделирование шатуна: стержень двутаврового сечения, верхняя и нижняя головки, отверстия под втулки и вкладыши, масляный канал.
5. Моделирование корпусных деталей: создание внутренних полостей, рёбер жёсткости, приливов, отверстий.
6. Методы проектирования сборок: «снизу-вверх», «сверху-вниз», гибридный. Их преимущества и недостатки.
7. Добавление компонентов в сборку. Типы сопряжений: соосность, совпадение, параллельность, касательность, расстояние, угол.
8. Создание сопряжений с использованием параметров. Анализ интерференций и зазоров в сборке.
9. Создание сборки поршневой группы (поршень, палец, кольца, шатун). Проверка собираемости и подвижности механизма.
10. Управление конфигурациями сборки. Создание взрыв-схем и анимации сборки.
11. Принципы ассоциативности чертежей и трёхмерных моделей. Генерация видов: главного, сверху, слева, изометрических.
12. Создание разрезов и сечений на ассоциативном чертеже. Местные разрезы, выносные элементы.
13. Нанесение размеров на ассоциативный чертеж: автоматическое и ручное. Обозначение шероховатости, допусков формы и расположения.
14. Оформление сборочных чертежей: нанесение номеров позиций. Составление спецификации: форма, разделы, порядок заполнения.
15. Вывод чертежей на печать и экспорт в различные форматы (PDF, DWG, STEP). Требования ЕСКД к оформлению конструкторской документации.

Тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест — 20. Оценка «зачтено» выставляется при выполнении верно более 75% заданий (более 15 баллов).

Пример тестовых заданий (один вариант)

1. **Что такое параметрическая модель в CAD-системе?**
2. A) Модель, созданная по фотографии
3. B) Модель, размеры которой связаны переменными и могут изменяться
4. C) Модель, созданная в режиме поверхностного моделирования

5. D) Модель, импортированная из другой CAD-системы

Правильный ответ: B

2. **Какая операция используется для создания модели детали путём перемещения эскиза по заданной траектории?**
3. A) Выдавливание
4. B) Вращение
5. C) Кинематическая операция
6. D) Операция по сечениям

Правильный ответ: C

3. **Какой тип сопряжения используется для совмещения осей двух цилиндрических поверхностей?**
4. A) Совпадение
5. B) Параллельность
6. C) Соосность
7. D) Касательность

Правильный ответ: C

4. **Какая операция используется для создания модели поршня?**
5. A) Только выдавливание
6. B) Только вращение
7. C) Комбинация выдавливания, вращения и вспомогательных элементов
8. D) Только кинематическая операция

Правильный ответ: C

5. **Какой метод проектирования сборок предполагает создание 3D-моделей деталей в контексте сборки?**
6. A) «Снизу-вверх»
7. B) «Сверху-вниз»
8. C) Гибридный
9. D) Параметрический

Правильный ответ: B

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. В первом семестре индивидуальное задание представляет собой выполнение параметрической 3D-модели детали поршневого двигателя и создание ассоциативного чертежа по модели.

Содержание индивидуального задания:

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Анализ геометрической формы детали.** Студент изучает чертеж или эскиз заданной детали поршневого двигателя (поршень, шатун, коленчатый вал, клапан), анализирует её геометрическую форму, выявляет простейшие геометрические тела, определяет последовательность построения модели, выявляет параметры, подлежащие параметризации.
2. **Создание параметрической 3D-модели.** В CAD-системе создается параметрическая 3D-модель детали со всеми конструктивными элементами. При создании модели используются переменные и глобальные параметры, размерные и геометрические зависимости, формообразующие операции (выдавливание, вращение, кинематическая операция, операция по сечениям), массивы элементов, фаски, скругления, отверстия.
3. **Создание ассоциативного чертежа.** По созданной 3D-модели генерируется ассоциативный чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД. Выполняется выбор необходимого количества видов, разрезов, сечений, выносных элементов. Наносятся размеры, обозначения шероховатости, допуски формы и расположения, указывается материал детали.
4. **Подготовка отчета.** Выполняется пояснительная записка объемом 5-7 страниц, в которой описывается последовательность построения модели, обосновывается выбор операций и параметров, приводятся скриншоты основных этапов моделирования.

Требования к оформлению:

Индивидуальное задание выполняется в электронном виде и включает:

- файл 3D-модели детали в формате CAD-системы;
- файл ассоциативного чертежа в формате CAD-системы;
- пояснительную записку в формате PDF или DOC;
- файл для просмотра (PDF) чертежа.

Чертеж выполняется с соблюдением требований ЕСКД. На чертеже указываются габаритные, установочные и присоединительные размеры, обозначается шероховатость поверхностей, допуски.

Примерные темы индивидуальных заданий:

1. Создание параметрической 3D-модели и ассоциативного чертежа поршня бензинового двигателя.
2. Создание параметрической 3D-модели и ассоциативного чертежа поршня дизельного двигателя.
3. Создание параметрической 3D-модели и ассоциативного чертежа шатуна с верхней головкой под плавающий палец.
4. Создание параметрической 3D-модели и ассоциативного чертежа коленчатого вала рядного двигателя.
5. Создание параметрической 3D-модели и ассоциативного чертежа впускного клапана.
6. Создание параметрической 3D-модели и ассоциативного чертежа распределительного вала.
7. Создание параметрической 3D-модели и ассоциативного чертежа гильзы цилиндра.
8. Создание параметрической 3D-модели и ассоциативного чертежа корпуса масляного насоса.

Типовые задания для практических занятий

Модуль 1. Основы параметрического моделирования

Задание 1. Настройка CAD-системы. Создание шаблонов документов

Ознакомление с интерфейсом CAD-системы, настройка параметров, создание шаблонов документов (деталь, сборка, чертёж), настройка параметров листа, стилей оформления.

Задание 2. Создание эскизов с размерными и геометрическими зависимостями

Создание эскизов плоских фигур, нанесение размерных и геометрических зависимостей (параллельность, перпендикулярность, касательность, равенство). Использование переменных.

Задание 3. Создание параметрических моделей операцией выдавливания

Создание параметрической модели детали с использованием операции выдавливания. Построение эскиза, задание глубины выдавливания, уклона. Создание вырезов выдавливанием.

Задание 4. Создание параметрических моделей операцией вращения

Создание параметрической модели детали с использованием операции вращения. Построение эскиза с осью вращения. Создание деталей типа «тела вращения» (вал, поршень).

Задание 5. Создание параметрических моделей кинематической операцией

Создание параметрической модели детали с использованием кинематической операции (элемент по траектории). Построение профиля и траектории. Создание пружины, трубопровода.

Задание 6. Создание параметрических моделей операцией по сечениям

Создание параметрической модели детали с использованием операции по сечениям. Построение нескольких сечений. Создание плавных переходов (лопатка, переходник).

Задание 7. Добавление вспомогательных элементов

Создание фасок, скруглений, отверстий (простое, ступенчатое, резьбовое), рёбер жёсткости, уклонов, оболочек на существующей модели.

Задание 8. Создание параметрического семейства поршневых колец

Создание параметрической модели поршневого кольца. Создание таблицы параметров для размерных рядов. Генерация семейства деталей.

Модуль 2. Моделирование деталей, сборки и чертежи

Задание 9. Моделирование вала

Создание 3D-модели вала: этапы построения, шпоночные пазы, проточки, фаски. Применение операции вращения и выдавливания.

Задание 10. Моделирование поршня

Создание 3D-модели поршня: построение профиля, канавок под кольца, бобышек под палец, внутренних полостей для охлаждения.

Задание 11. Моделирование шатуна

Создание 3D-модели шатуна: стержень двутаврового сечения, верхняя и нижняя головки, отверстия под втулки и вкладыши, масляный канал.

Задание 12. Создание сборки поршневой группы с сопряжениями

Создание сборки поршневой группы (поршень, поршневой палец, поршневые кольца, шатун). Задание сопряжений. Проверка подвижности.

Задание 13. Создание ассоциативного чертежа по 3D-модели

По созданной 3D-модели детали (поршень, шатун, вал) генерировать ассоциативный чертеж. Выполнить виды, разрезы, сечения. Нанести размеры.

Задание 14. Оформление сборочного чертежа и спецификации

По созданной сборке поршневой группы сгенерировать сборочный чертеж. Выполнить необходимые разрезы. Нанести номера позиций. Создать спецификацию.

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине в первом семестре не предусмотрены учебным планом. Курсовой проект выполняется в третьем семестре по дисциплине «Автоматизированное проектирование в двигателестроении». Результаты освоения данной дисциплины являются основой для выполнения этого курсового проекта.

7.3.2 Промежуточная аттестация (зачет)

Студент допускается к сдаче зачета при выполнении следующих условий:

- Успешное прохождение всех двух рубежных контролей (устных опросов по модулям) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Выполнение и защита всех практических занятий, предусмотренных учебным планом (не менее 80% заданий выполнены и защищены).
- Выполнение и защита индивидуального задания в рамках сквозного проекта (создание параметрической 3D-модели детали и ассоциативного чертежа) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины. В процессе собеседования студенту предлагается выполнить практическое задание (создание 3D-модели детали в CAD-системе или генерация ассоциативного чертежа по модели).

Структура собеседования:

- **Теоретический вопрос 1:** из области основ параметрического моделирования (эскизы, формообразующие операции, поверхности, параметрические семейства).
- **Теоретический вопрос 2:** из области создания сборок, сопряжений, ассоциативных чертежей.
- **Практическое задание:** создание 3D-модели детали в CAD-системе или генерация ассоциативного чертежа по модели.

Модуль 1. Основы параметрического моделирования

1. Роль 3D-моделирования в современном двигателестроении. Место дисциплины в сквозном проекте.
2. Обзор современных CAD-систем. Принципы параметрического моделирования.
3. Интерфейс CAD-системы: панели инструментов, дерево построения, система координат.
4. Основные типы файлов: деталь, сборка, чертёж. Управление деревом построения.
5. Понятие параметрической модели. Создание эскизов с размерными и геометрическими зависимостями.
6. Использование переменных и глобальных параметров.
7. Формообразующие операции: выдавливание, вращение.
8. Кинематическая операция, операция по сечениям.
9. Использование массивов элементов.
10. Классификация поверхностей, применяемых в двигателестроении. Поверхностное моделирование.
11. Лоскутные поверхности. Моделирование лопаток турбокомпрессора.
12. Создание проточных частей впускных и выпускных каналов.
13. Понятие семейства деталей. Создание параметрических моделей с таблицей параметров.

14. Разработка семейства поршневых колец, поршней, клапанов.
15. Создание пользовательских библиотек стандартных изделий.

Модуль 2. Моделирование деталей, сборки и чертежи

16. Методы проектирования сборок: «снизу-вверх», «сверху-вниз», гибридный.
17. Добавление компонентов в сборку. Типы сопряжений.
18. Создание сопряжений с использованием параметров. Анализ интерференций и зазоров.
19. Создание сборки поршневой группы. Проверка собираемости и подвижности.
20. Управление конфигурациями сборки. Создание взрыв-схем и анимации сборки.
21. Принципы ассоциативности чертежей и трёхмерных моделей.
22. Генерация видов, разрезов, сечений на ассоциативном чертеже.
23. Нанесение размеров на ассоциативный чертеж.
24. Обозначение шероховатости, допусков формы и расположения.
25. Оформление сборочных чертежей: нанесение номеров позиций.
26. Составление спецификации: форма, разделы, порядок заполнения.
27. Вывод чертежей на печать и экспорт в различные форматы.
28. Требования ЕСКД к оформлению конструкторской документации.
29. Особенности моделирования поршня, шатуна, коленчатого вала.
30. Особенности моделирования корпусных деталей (блок цилиндров, головка блока).

Пример 1. Создание 3D-модели детали

Задание: В CAD-системе создать 3D-модель детали «Втулка» по заданным параметрам: наружный диаметр 50 мм, внутренний диаметр 40 мм, высота 30 мм, фаска 2×45° на обоих торцах. Создать ассоциативный чертеж с главным видом и разрезом. Нанести размеры.

Пример 2. Создание 3D-модели детали

Задание: В CAD-системе создать 3D-модель детали «Крышка» по заданным параметрам: основание 80×60 мм, высота 15 мм, скругление 5 мм, отверстие диаметром 20 мм в центре, четыре отверстия диаметром 8 мм по углам. Создать ассоциативный чертеж с главным видом и видом сверху. Нанести размеры.

Пример 3. Создание 3D-модели детали по чертежу

Задание: По заданному чертежу детали «Поршень» (предоставляется преподавателем) создать 3D-модель в CAD-системе. Создать ассоциативный чертеж с необходимыми видами и разрезами. Нанести размеры. Указать материал (алюминиевый сплав АЛ-25).

Пример 4. Создание сборки

Задание: По заданным 3D-моделям деталей (поршень, поршневой палец, поршневые кольца) создать сборку поршневой группы. Задать сопряжения: соосность для пальца и бобышек поршня, совпадение для колец. Проверить подвижность. Создать ассоциативный сборочный чертеж с разрезом.

Пример 5. Генерация чертежа

Задание: По предоставленной 3D-модели детали «Шатун» сгенерировать ассоциативный чертеж. Выполнить главный вид, вид сверху, необходимые разрезы. Нанести размеры, обозначить шероховатость поверхностей (Ra = 1,6 для рабочих поверхностей, Ra = 6,3 для остальных). Указать материал (сталь 40Х).