

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Знаменский Е.А.

«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ИЗДЕЛИЙ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование технологических процессов производства авиационных, ракетных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	8	3	108	68	0	0	68	40	0	0	40	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО _____
ВООРУЖЕНИЯ

Александров Александр Сергеевич, старший преподаватель

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО
ВООРУЖЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Федосов А.В., к.т.н., доц. _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ИЗДЕЛИЙ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-5.8 — Способен применять системы автоматизации инженерных расчётов (CAE) при решении задач профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-5.8

знания:

Методики работы при создании элементов анализа в системах автоматизации инженерных расчетов (CAE) при решении задач профессиональной деятельности.;;

умения:

Применять системы автоматизации инженерных расчетов (CAE) при решении задач профессиональной деятельности.;;

навыки:

Выполнять статический, динамический, тепловой анализ изделий , а также выполнять оптимизацию в системах автоматизации инженерных расчетов (CAE) при решении задач профессиональной деятельности.;;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ИЗДЕЛИЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ, ТЕРМОДИНАМИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **САМ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ НА СТАНКАХ С ЧПУ, САМ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ПСК-5.13 — Способен применять системы автоматизированного проектирования (CAD) при решении задач профессиональной деятельности
- ПСК-5.3 — Способен выполнять расчеты на прочность
- ПСК-5.4/24 — Способен разрабатывать КД на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям, изготавливать их и оценивать показатели качества деталей, полученных по аддитивным технологиям
- ПСК-5.8 — Способен применять системы автоматизации инженерных расчетов (CAE) при решении задач профессиональной деятельности

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Практические занятия		ПСК-5.8
4	8	Раздел 1. Математическое моделирование, инженерный анализ. Математическая модель. Математическое моделирование. Адекватность модели. Инженерный и фундаментальный анализ. Компьютерная модель (электронная модель). Цифровая модель изделия. Цифровой двойник изделия; ЦД. Цифровые (виртуальные) испытания.	17	12	12	5	10
4	8	Раздел 2. Статический анализ. Твёрдотельная сетка конечных элементов Переменные параметры конструкции. Статический анализ, его параметры и управляющие характеристики. Упрощение модели для анализа. Точечные массы, пружины и балочные элементы. Конечные элементы типа оболочка. Срединные поверхности. Жесткие соединения. Расчетные области (регионы). 2-D плоское напряженное состояние. Модели сборочных единиц Прочностные свойства материала. Закрепления. Нагрузки. Точечная сварка. Контактный анализ. Анализ больших деформаций. Редактирование материалов. Статический анализ с преднапряжением.	25	15	15	10	25
4	8	Раздел 3. Тепловой анализ. Расчет напряжений, вызванных неравномерным нагревом. Совмещение результатов расчетов для механической и тепловой нагрузки Нестационарный тепловой расчет. Задание тепловых свойств материала.	25	15	15	10	25
4	8	Раздел 4. Динамический анализ. Динамический анализ временных характеристик (переходной). Динамический частотный анализ. Динамический анализ на ударную нагрузку. Динамический анализ случайных воздействий. Динамический анализ гармонических колебаний. Модальный анализ. Модальный анализ с преднапряжением.	24	14	14	10	20
4	8	Раздел 5. Стандартные исследования и оптимизация в инженерном анализе. Совместное использование прочностного, теплового анализа и модуля оптимизационных расчетов. Анализ чувствительности. Точность результатов однопроходной и многопроходной адаптации. Расчеты деталей, сборок.	17	12	12	5	20
Всего за 8 семестр			108	68	68	40	100
Всего по дисциплине			108	68	68	40	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Математическое моделирование, инженерный анализ.	Математическое моделирование - исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения, прим енения и изучения их математических моделей. Цифровая модель изделия - система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 вы полнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям. Цифровой двойник изделия - система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (и ли) его составными частями. Цифровые (виртуальные) испытания. Определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата исследования свойств цифровой модели (или цифрового двойника) объекта.	12
2	Раздел 2. Статический анализ.	Создание твердотельной сетки конечных элементов Подготовка переменных параметров конструкции. Точечная сварка. Контактный анализ. Анализ больших деформаций. Редактирование и удаление материалов. Применение точечной массы, пружин и балочных элементов. Использование конечных элементов типа оболочка. Задание срединной поверхности автоматическим способом Создание жестких соединений. Создание расчетных областей (регионов). Создание объемных расчетных областей (объемного регион). 2-D плоское напряженное состояние. Модели сборочных единиц Подготовка и запуск статического анализа. Задание прочностных	15

		свойств материала. Создание нового материала. Закрепление кромок. Закрепление поверхности. Закрепление циклической симметрии. Статический анализ с преднапряжением.	
3	Раздел 3. Тепловой анализ.	Расчет напряжений, вызванных неравномерным нагревом. Совмещение результатов расчетов для механической и тепловой нагрузки. Нестационарный тепловой расчет. Тепловой анализ блока. Оценка и обсуждение постановки задачи и результатов.	15
4	Раздел 4. Динамический анализ.	Проведение модального анализа. Проведение статического анализа с преднапряжением. Проведение модального анализа с преднапряжением. Проведение динамического анализа временных характеристик (переходной). Проведение динамического частотного анализа. Проведение динамического анализа на ударную нагрузку. Проведение динамического анализа случайных воздействий.	14
5	Раздел 5. Стандартные исследования и оптимизация в инженерном анализе.	Проведение анализа локальной чувствительности. Проведение анализа глобальной чувствительности. Сравнение точности результатов однопроходной и многопроходной адаптации. Прочностной расчет подшипника. Анализ шатуна.	12
Всего за 8 семестр			68

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Математическое моделирование, инженерный анализ.	Адекватность модели - соответствие модели моделируемому изделию (процессу, явлению) по характеристикам. Компьютерная модель в компьютерной (вычислительной) среде, совокупность данных и программного кода, необходимого для работы с данными. Математическая модель сведения об объекте моделирования в виде математических символов и выражений.	5
2	Раздел 2. Статический анализ.	Основные теоретические положения МКЭ. Упрощение модели для анализа. Ручное построение срединной поверхности. Задание зеркального закрепления. Закрепление точки. Закрепление оболочковых моделей. Использование в закреплениях координатных систем. Задание нагрузки. Задание нагрузки с интерполяцией. Задание нагрузки давлением и гравитации. Изменение направления и величины нагрузки. Задание нагрузки, приложенной в точке.	10
3	Раздел 3. Тепловой анализ.	Задание тепловых свойств материала. Создание шаблонов для автоматической обработки результатов. Тепловой анализ узла. Оценка и обсуждение постановки задачи и результатов.	10
4	Раздел 4. Динамический анализ.	Анализ частоты резонанса камертона. Динамический анализ узла.	10
5	Раздел 5. Стандартные исследования и оптимизация в инженерном анализе.	Моделирование специализированного инструмента и специализированной оснастки при обработке заготовки на токарном станке. Моделирование и оценка прочности кольца, установленного в трехкулачковом патроне. Моделирование температурного поля специализированного инструмента и специализированной оснастки. Моделирование температурной деформации специализированного инструмента и специализированной оснастки.	5
Всего за 8 семестр			40

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8				ВПЗ		ДР	ВПЗ			ДР	ВПЗ			ВПЗ		ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Основы проектирования в Creo Parametric. СПб.: НИЦ АРТ, 2021, эл. рес.
2. А. А. Алямовский. . SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011, эл. рес.
3. А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. . ANSYS в руках инженера. М.: УРСС, 2003, эл. рес.
4. А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. . ANSYS для инженеров. М.: Машиностроение-1, 2004, эл. рес.
5. А. С. Афанасьев, К. М. Иванов, И. Г. Воронцова. . Системное проектирование конструкций и технологий изготовления изделий ответственного назначения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 22 экз.
6. А. С. Павлов. . Решение задач механики деформируемого твёрдого тела в программе ANSYS. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 42 экз.
7. В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Самара: Изд-во СамГТУ, 2010, эл. рес.
8. В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Самара: Изд-во СамГТУ, 2013, эл. рес.
9. В. Н. Емельянов, С. О. Здравонин, С. С. Краев. . ANSYS-практикум. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
10. И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 52 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Основы проектирования в Creo Parametric. СПб.: НИЦ АРТ, 2021, 1 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Siemens NX;
2. SolidWorks 2015 R5;
3. SOLIDWORKS 2015;
4. ANSYS 2020 R2;
5. PTC Creo Parametric;

6. Catia V5 Academic Learn Package;
7. PTC Creo Simulate;
8. PTC Creo.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Siemens NX;
4. SolidWorks 2015 R5;
5. SOLIDWORKS 2015;
6. ANSYS 2020 R2;
7. PTC Creo Parametric;
8. Catia V5 Academic Learn Package;
9. PTC Creo Simulate;
10. PTC Creo.

6.2. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ИЗДЕЛИЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-5.8 Способен применять системы автоматизации инженерных расчётов (САЕ) при решении задач профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с определением количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата исследования свойств цифровой модели (или цифрового двойника) объекта.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**68 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Математическое моделирование, инженерный анализ.		
Адекватность модели - соответствие модели моделируемому изделию (процессу, явлению) по характеристикам. Компьютерная модель в компьютерной (вычислительной) среде, совокупность данных и программного кода, необходимого для работы с данными. Математическая модель сведения об объекте моделирования в виде математических символов и выражений.	А. С. Афанасьев, К. М. Иванов, И. Г. Воронцова. . Системное проектирование конструкций и технологий изготовления изделий ответственного назначения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (4)	5
Итого по разделу 1		5
Раздел 2. Статический анализ.		
Основные теоретические положения МКЭ. Упрощение модели для анализа. Ручное построение срединной поверхности. Задание зеркального закрепления. Закрепление точки. Закрепление оболочковых моделей. Использование в закреплениях координатных систем. Задание нагрузки. Задание нагрузки с интерполяцией. Задание нагрузки давлением и гравитации. Изменение направления и величины нагрузки. Задание нагрузки, приложенной в точке.	С. И. Каратушин, Ю. А. Плешанова, Д. А. Храмова. . ANSYS Workbench в деталях машин: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1) А. С. Павлов. . Решение задач механики деформируемого твёрдого тела в программе ANSYS: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1) А. А. Алямовский. . SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи: Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011 (1) А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. . ANSYS для инженеров: М.: Машиностроение-1, 2004 (1) . Основы проектирования в Creo Parametric: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (2) А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. . ANSYS в руках инженера: М.: УРСС, 2003 (1) В. Н. Емельянов, С. О. Здоровенин, С. С. Краев. . ANSYS-практикум:	10

	СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1) В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Самара: Изд-во СамГТУ, 2010 (1)	
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Тепловой анализ.		
Задание тепловых свойств материала. Создание шаблонов для автоматической обработки результатов. Тепловой анализ узла. Оценка и обсуждение постановки задачи и результатов.	В. Н. Емельянов, С. О. Здравовенин, С. С. Краев. . ANSYS-практикум: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (3) И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2) . Основы проектирования в Creo Parametric: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (4)	10
Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Динамический анализ.		
Анализ частоты резонанса камертона. Динамический анализ узла.	. Основы проектирования в Creo Parametric: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (4) В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Самара: Изд-во СамГТУ, 2013 (3)	10
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Стандартные исследования и оптимизация в инженерном анализе.		
Моделирование специализированного инструмента и специализированной оснастки при обработке заготовки на токарном станке. Моделирование и оценка прочности кольца, установленного в трехкулачковом патроне. Моделирование температурного поля специализированного инструмента и специализированной оснастки. Моделирование температурной деформации специализированного инструмента и специализированной оснастки.	. Основы проектирования в Creo Parametric: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (4)	5
Итого по разделу 5		5

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы/задания по темам ПЗ

Вопросы по темам ПЗ:

Дать определение математического моделирования.
Дать определение цифровой модели изделия.
Дать определение цифрового двойника изделия.
Дать определение цифрового (виртуального) испытания.
Что такое адекватность модели, чем она оценивается.
Дать определение компьютерной модели в компьютерной (вычислительной) среде.
Дать определение математической модели.
Привести основные теоретические положения МКЭ.
Указать основные способы упрощения модели для инженерного анализа.
Что такое срединная поверхность. Ручное построение срединной поверхности.
Задание срединной поверхности автоматическим способом
Как задать зеркальное закрепление.
Способы закрепления точки.
В чем состоят особенности закрепления оболочковых моделей.
Как использовать в закреплениях координатные системы.
Задание нагрузки. Задание нагрузки с интерполяцией.
Задание нагрузки давлением и гравитации.
Изменение направления и величины нагрузки.
Задание нагрузки, приложенной в точке.
Создание твердотельной сетки конечных элементов
Подготовка переменных параметров конструкции.
Указать способы задания точечной сварки.
Охарактеризовать контактный анализ.
Охарактеризовать анализ больших деформаций.
Применение точечной массы, пружин и балочных элементов.
Использование конечных элементов типа оболочки.
Создание жестких соединений.
Создание расчетных областей (регионов). Создание объемных расчетных областей (объемного регион).
Дать характеристику 2-D плоского напряженного состояния.
Модели сборочных единиц
Подготовка и запуск статического анализа.
Задание прочностных свойств материала.
Создание нового материала.
Описать приемы редактирования материалов
Закрепление кромок.
Закрепление поверхности.
Закрепление циклической симметрии.
Статический анализ с преднапряжением.
Расчет напряжений, вызванных неравномерным нагревом.
Совмещение результатов расчетов для механической и тепловой нагрузки

Нестационарный тепловой расчет.
Оценка и обсуждение постановки задачи и результатов теплового анализа блока . .
Задание тепловых свойств материала.
Создание шаблонов для автоматической обработки результатов.
Оценка и обсуждение постановки задачи и результатов теплового анализа узла. .

Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифференцированному зачету располагаются в УМК дисциплины.

Вопросы к дифференцированному зачету составляются на основе рабочей программы дисциплины и охватывают ее разделы и темы. Они должны целостно отражать объем проверяемых теоретических и практических знаний. Вопросы носят равноценный характер. Формулировки вопросов должны быть четкими, краткими, понятными, исключающими двойное толкование. Количество вопросов в перечне должно превышать количество вопросов, необходимых для составления зачетных листов. На основе разработанного и объявленного студентам перечня вопросов к дифференцированному зачету составляются опросные листы, содержание которых до студентов не доводится.

Дифференцированный зачет

На зачете студенту предоставляется 3 вопроса по всем разделам курса, время на подготовку 45 минут.

Оценка «отлично», «зачтено»

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;
- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «хорошо», «зачтено»

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине;
- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «удовлетворительно», «зачтено»

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;
- работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий
- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «неудовлетворительно», «не зачтено»

- фрагментарные знания по дисциплине;

- отказ от ответа (выполнения письменной работы);
- знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок;
- низкий уровень культуры исполнения заданий;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Практические занятия		ПСК-5.8	
4	8	Раздел 1. Математическое моделирование, инженерный анализ.	17	12	12	5	10	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету
4	8	Раздел 2. Статический анализ.	25	15	15	10	25	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету
4	8	Раздел 3. Тепловой анализ.	25	15	15	10	25	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету
4	8	Раздел 4. Динамический анализ.	24	14	14	10	20	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету
4	8	Раздел 5. Стандартные исследования и оптимизация в инженерном анализе.	17	12	12	5	20	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 8 семестр			108	68	68	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	68	40	100	

Оценочные материалы по дисциплине МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ИЗДЕЛИЙ

ПСК-5.8 - Способен применять системы автоматизации инженерных расчётов (CAE) при решении задач профессиональной деятельности

- № 1 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите этапы статического анализа конструкции в CAE-системе в правильном порядке:
1. Задание граничных условий (нагрузки и закрепления).
 2. Построение конечно-элементной сетки.
 3. Интерпретация результатов (анализ напряжений и деформаций).
 4. Импорт или создание 3D-модели.
 5. Запуск расчета и решение системы уравнений.
 6. Выбор материала и назначение свойств.
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие этапы являются обязательными при подготовке модели для анализа в CAE?
1. Построение 3D-модели.
 2. Назначение материала.
 3. Задание граничных условий.
 4. Проведение экспериментальных испытаний.
 5. Генерация конечно-элементной сетки.
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой тип анализа в CAE используется для определения напряжений и деформаций в конструкции под постоянной нагрузкой?
1. Динамический анализ.
 2. Тепловой анализ.
 3. Статический анализ.
 4. Гидродинамический анализ.
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой этап работы в CAE-системе следует сразу после создания 3D-модели детали?
1. Задание граничных условий.
 2. Назначение материалов.
 3. Построение конечно-элементной сетки.
 4. Запуск расчёта.
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой метод оптимизации в CAE позволяет автоматически определить оптимальное распределение материала в заданном проекте пространстве?

1. Параметрическая оптимизация.
2. Топологическая оптимизация.
3. Формоптимизация.
4. Размерная оптимизация.

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

В какой последовательности выполняется тепловой анализ изделия?

1. Задание тепловых граничных условий (конвекция, излучение, тепловой поток).
2. Построение сетки с учетом тепловых градиентов.
3. Анализ распределения температур и тепловых напряжений.
4. Назначение термофизических свойств материала.
5. Решение уравнений теплопередачи.
6. Импорт модели.

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие основные типы анализа можно выполнять в CAE-системах?

1. Статический анализ.
2. Динамический анализ.
3. Тепловой анализ.
4. Химический анализ.
5. Оптимизация конструкции.

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите этапы CAE-анализа с необходимыми для их выполнения действиями:

Этапы анализа	Действия
1. Подготовка геометрии.	А. Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона.
2. Назначение свойств материала.	Б. Удаление технологических отверстий и скруглений.
3. Построение сетки.	В. Назначение размеров элементов в зонах концентрации напряжений.
4. Задание граничных условий.	Г. Приложение сосредоточенной силы в точке контакта.
5. Проведение расчета.	Д. Решение системы алгебраических уравнений.

№ 9 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между видами граничных условий в CAE-анализе и их физическим смыслом:

Виды граничных условий	Физический смысл
1. Жесткая заделка.	А. Полное ограничение всех степеней свободы.
2. Шарнирное	Б. Допущение вращения вокруг оси закрепления.

закрепление.

3.

Симметричное
граничное
условие.

В. Моделирование работы сектора цилиндрической конструкции.

4. Циклическая
симметрия.

Г. Учет зеркальной симметрии конструкции для сокращения
расчетной области.

5. Податливое
закрепление.

Д. Учет упругих свойств опорной конструкции.

№ 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Назовите 2 основных вида оптимизации для снижения массы детали и укажите по одному технологическому ограничению для каждого.

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Для ответственного узла перечислите последовательность видов анализа и обоснуйте необходимость каждого одним аргументом.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Что позволяет оптимизировать САЕ-система в конструкции?

1. Уменьшение массы при сохранении прочности.
2. Снижение стоимости производства.
3. Улучшение аэродинамических характеристик.
4. Изменение цвета детали для эстетики.
5. Повышение устойчивости к тепловым нагрузкам.