

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института



« 28 » апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

Структурный анализ и расчет оборудования

специальность:

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

специализация:

15.05.01-24 Проектирование технологических машин и комплексов

Квалификация

инженер

Форма обучения

очная

Институт технологического оборудования и машиностроения

Кафедра механического оборудования

Белгород 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов, утв. 09.08.2021г. № 732
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составитель: к.т.н., доцент  (С.И. Анциферов)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Механического оборудования

« 26 » апреля 2022 г., протокол № 17

Заведующий кафедрой: д.т.н, проф.  (В.С. Богданов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой Механического оборудования

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.С. Богданов)

« 26 » апреля 2022 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 28 » апреля 2022 г., протокол № 8

Председатель к.т.н., доцент  (П.С. Горшков)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
<p>ПК-8 Способен использовать современные численные методы инженерного анализа для расчета проектируемых машин и оборудования предприятий строительной индустрии</p>	<p>ПК-8.1 – Использует программное обеспечение для инженерного анализа конструкции деталей и сборочных единиц технологической машины строительной индустрии</p>	<p>Знания Знание основных методов расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность; Умения Умение создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения. Навыки Владение функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции.</p>
	<p>ПК-8.2 – Выполняет прочностные проектные и проверочные расчеты и определяет рациональные параметры технологической машины</p>	<p>Знания Знание типов конечных элементов; Знание типов нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель. Умения Умение проводить расчеты на статическую прочность, на потерю устойчивости Умение осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения. Навыки Владение функционалом программного обеспечения для анализа результатов</p>

		расчета и оптимизации конструкции изделия
--	--	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-8 Способен использовать современные численные методы инженерного анализа для расчета проектируемых машин и оборудования предприятий строительной индустрии

1. Данная компетенция формируется следующей дисциплиной.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Дисциплина 1 Структурный анализ и расчет оборудования

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единиц, 288 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки.

Форма промежуточной аттестации **экзамен**.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 9	Семестр № 10
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	72	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	124	34	90
лекции	51	17	34
лабораторные	-	-	-
практические	68	17	51
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	-	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	164	38	126
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	-	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)		38	81
Экзамен	36	-	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 5 Семестр 9

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	я работа на подготовку к аудиторным
1. Расчет детали на прочность методом конечных элементов.					
	<p>Введение в инженерный анализ. Модуль «Расширенная симуляция» в системе NX. Работа с файлами fem, sim, i.prt.</p> <p>Идеализация геометрии. Срединная поверхность. (Подготовка геометрии)</p> <p>Коллектор сетки. Материалы. Использование библиотеки материалов. Добавление материалов в библиотеку.</p> <p>Типы сеток КЭМ. Создание 1D сетки на геометрической модели. Использование сечения для 1D сетки.</p> <p>Нанесение 2D сетки на геометрическую модель. Типы 2D элементов.</p> <p>Нанесение 3D сетки на геометрическую модель. Типы 3D элементов.</p> <p>Создание решения. Типы решений и решателей. Граничные условия. Типы и методы наложения граничных условий. Проверка качества модели и сетки.</p> <p>Решение модели. Работа с полученными результатами. Создание отчета о конечно-элементной модели.</p> <p>Информация о сетке, материале, нагрузках и условиях закрепления.</p> <p>Поверочный расчет в Process Studio Stress Wizard</p>	13	13	-	24
2. Расчет сборочной единицы на прочность методом конечных элементов.					
	<p>Анализ сборочной единицы. Выделение узлов и деталей, подлежащих проверке на прочность. Создание конечно-элементной сборки (afm).</p> <p>Создание конечно-элементных моделей деталей, входящих в расчетную сборку (упрощение геометрии, назначение материала, выбор типа и наложение сеток).</p> <p>Сопряжение конечно-элементных моделей (соединение, 3D контакт).</p> <p>Создание решения. Приложение внешних нагрузок и условий ограничения.</p> <p>Расчет симуляции и анализ результатов расчета.</p> <p>Внесение конструктивных изменений.</p>	4	4	-	12

ВСЕГО	17	17	-	38
-------	----	----	---	----

Курс 5 Семестр 10

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	я работа на подготовку к аудиторным
1. Расчет сборочной единицы на устойчивость.					
	<p>Понятие устойчивости конструкции. Виды равновесия: неустойчивое равновесие, устойчивое равновесие, безразличное равновесие.</p> <p>Линейный анализ устойчивости. Создание файлов КЭ-модели и модели симуляции. Идеализация геометрии. Задание нагрузок и ограничений. Решение модели и анализ результатов.</p> <p>Нелинейный анализ устойчивости. Особенности нелинейного анализа устойчивости. Создание файлов КЭ-модели и модели симуляции. Идеализация геометрии. Задание параметров нелинейного решения. Задание нелинейных свойств материала. Задание нагрузок и ограничений. Решение модели и анализ результатов.</p>	6	10	-	18
2. Динамический анализ конструкции.					
	<p>Основы динамического анализа конструкций.</p> <p>Учет инерционных и упругодемпферных свойств. Массовые свойства. Демпфирование.</p> <p>Определение собственных частот и форм свободных колебаний конструкции.</p> <p>Частотный анализ. Прямой метод. Частотный анализ с помощью прямого метода. Модальный анализ. Частотный анализ методом суперпозиции форм.</p> <p>Анализ переходных процессов. Прямой метод. Анализ переходных процессов прямым методом. Модальный анализ. Анализ переходных процессов модальным методом.</p>	10	14	-	20
3. Нелинейный статический и динамический анализ.					
	<p>Введение в нелинейный анализ. Особенности КЭ моделирования. Нелинейные решения.</p> <p>Геометрическая нелинейность.</p> <p>Нелинейность материалов. Типы нелинейных материалов. Упругопластичный материал. Задание пластических свойств материала.</p> <p>Контактное взаимодействие. Задание контактного взаимодействия. Особенности решения контактных задач.</p>	10	14	-	20

	Решение нелинейных задач. Параметры нелинейных решений.				
4. Анализ тепломассопереноса.					
	Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Возможности модуля для анализа теплопереноса. Процесс выполнения анализа теплопереноса. Задание термооптических свойств материала. Создание многослойных материалов. Задание краевых условий. Создание решения для теплового анализа. Постановка задачи анализа сложного теплообмена. Задание тепловых нагрузок. Задание граничных и начальных условий. Решение модели и анализ результатов. Учет массопереноса в тепловых задачах. Задание напорно-расходной характеристики. Решение модели и анализ результатов.	8	13	-	23
ВСЕГО		34	51	-	81

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 9				
1	Расчет детали на прочность методом конечных элементов.	Создание файла симуляции, КЭ модели и идеализации	1	2
2		Идеализация геометрии	1	2
3		Коллектор сетки. Материалы. Использование библиотеки материалов. Добавление материалов в библиотеку.	2	4
4		Типы сеток КЭМ. Создание 1D сетки на геометрические модели. Использование сечения для 1D сетки.	2	4
5		Нанесение 2D-сетки на геометрическую модель. Типы 2D-элементов.	2	4
6		Нанесение 3D-сетки на геометрическую модель. Типы 3D-элементов.	2	4
7		Проверка качества модели и сетки. Создание решения. Типы решений и решателей. Граничные условия. Типы и методы наложения граничных условий. Решение модели	3	4
8	Расчет сборочной	Создание конечно-элементной	1	4

	единицы на	сборки		
9	прочность методом конечных элементов.	Создание модели симуляции	3	8
ВСЕГО:			17	38
семестр №10				
1	Расчет сборочной единицы на устойчивость.	Введение в расчет на устойчивость.	2	4
2		Линейный анализ устойчивости.	4	6
3		Нелинейный анализ устойчивости.	4	8
4	Динамический анализ конструкции.	Введение в динамический анализ конструкции.	4	4
5		Частотный анализ.	5	8
6		Анализ переходных процессов.	5	8
7	Нелинейный статический и динамический анализ.	Введение в нелинейный анализ.	4	4
8		Понятие нелинейности конструкции.	5	8
9		Контактное взаимодействие. Решение нелинейных задач.	5	8
10	Анализ тепломассопереноса.	Введение в анализ тепломассопереноса.	3	7
11		Задание термооптических свойств материалов. Задание краевых условий.	5	8
12		Задание граничных и начальных условий. Решение модели и анализ результатов.	5	8
ВСЕГО:			51	81

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрены учебным планом

4.4. Содержание курсового проекта

Не предусмотрен учебным планом

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Тема индивидуального домашнего задания (10 семестр) – Расчет сборочной единицы методом конечных элементов.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-8 Способен использовать современные численные методы инженерного анализа для расчета проектируемых машин и оборудования предприятий строительной индустрии

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-8.1 – Использует программное обеспечение для инженерного анализа конструкции деталей и сборочных единиц технологической машины строительной индустрии	<p>Экзамен</p> <p>Устный опрос по выполнению практических занятий и собеседование по контрольным вопросам</p> <p>Дифференцированный зачет по выполнению и защите курсового проекта</p>
ПК-8.2 – Выполняет прочностные проектные и проверочные расчеты и определяет рациональные параметры технологической машины	<p>Экзамен</p> <p>Устный опрос по выполнению практических занятий и собеседование по контрольным вопросам</p> <p>Дифференцированный зачет по выполнению и защите курсового проекта</p>

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
семестр № 10		
1	Расчет детали на прочность методом конечных элементов.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Системы инженерного анализа. Понятие CAE. Запуск модуля «Расширенная симуляция» в системе NX. 2) Навигатор симуляции. Структура панели управления. 3) Упрощение, идеализация и редактирование геометрической модели. 4) Создание срединной поверхности. Редактирование сложных срединных поверхностей. 5) Одномерные сетки. Создание одномерных сеток. Типы 1D элементов. 6) Сечение 1D элементов. Ориентация сечения 1D элементов. 7) Построение 2D сеток. Типы 2D элементов. 8) Нанесение 3D сетки на геометрическую модель. Типы 3D конечных элементов, типы 3D сеток. 9) Создание точек сетки. Обновление сетки конечных элементов. Редактирование сеток. 10) Физические свойства сеток. Коллектор сетки. Создание коллектора. 11) Определение свойств материала. Библиотека

		<p>материалов.</p> <p>12) Добавление материала в библиотеку материалов.</p> <p>13) Граничные условия. Типы нагрузок. Особенности приложения нагрузок.</p> <p>14) Граничные условия. Типы ограничений. Приложение ограничений к геометрической модели.</p> <p>15) Проверка конечно-элементной модели.</p> <p>16) Решение конечно-элементной модели. Типы решателей.</p> <p>17) Работа с полученными результатами. Маркеры. Редактирование маркеров.</p> <p>18) Навигатор постпроцессора.</p> <p>19) Создание отчета. Информация о сетке КЭ, материалах, граничных условиях. Редактирование отчета.</p> <p>20) Оптимизация геометрии модели. Алгоритм расчета на оптимизацию геометрии.</p> <p>21) Работа в модуле «Расширенная симуляция» системы NX под управлением PLM-системы Teamcenter.</p>
2	Расчет сборочной единицы на прочность методом конечных элементов.	<p>1) Создание сборки конечно-элементных моделей. Работа с файлом AFM.</p> <p>2) Добавление конечно-элементных моделей в файл FEM-сборки.</p> <p>3) 1D соединение. Типы 1D соединений. Управление метками сборки.</p> <p>4) Контакт поверхностей. Создание контакта поверхностей. Опции контакта.</p> <p>5) Склейка поверхностей. Создание склейки поверхностей.</p>
3	Расчет сборочной единицы на устойчивость.	<p>1) Понятие устойчивости конструкции.</p> <p>2) Виды равновесия: неустойчивое равновесие, устойчивое равновесие, безразличное равновесие.</p> <p>3) Линейный анализ устойчивости. Создание файлов КЭ-модели и модели симуляции.</p> <p>4) Идеализация геометрии.</p> <p>5) Задание нагрузок и ограничений. Решение модели и анализ результатов.</p> <p>6) Нелинейный анализ устойчивости. Особенности нелинейного анализа устойчивости.</p> <p>7) Создание файлов КЭ-модели и модели симуляции. Идеализация геометрии.</p> <p>8) Задание параметров нелинейного решения.</p> <p>9) Задание нелинейных свойств материала.</p> <p>10) Задание нагрузок и ограничений.</p> <p>11) Решение модели и анализ результатов.</p>
4	Динамический анализ конструкции.	<p>1) Основы динамического анализа конструкций.</p> <p>2) Учет инерционных и упругодемпферных свойств. Массовые свойства. Демпфирование.</p> <p>3) Определение собственных частот и форм свободных колебаний конструкции.</p> <p>4) Частотный анализ. Прямой метод.</p> <p>5) Частотный анализ с помощью прямого метода.</p> <p>6) Модальный анализ.</p> <p>7) Частотный анализ методом суперпозиции форм.</p> <p>8) Анализ переходных процессов.</p>

		<p>9) Прямой метод. Анализ переходных процессов прямым методом.</p> <p>10) Модальный анализ. Анализ переходных процессов модальным методом.</p>
5	Нелинейный статический и динамический анализ.	<p>1) Введение в нелинейный анализ. Особенности КЭ моделирования. Нелинейные решения.</p> <p>2) Геометрическая нелинейность.</p> <p>3) Нелинейность материалов. Типы нелинейных материалов. Упругопластичный материал.</p> <p>4) Задание пластических свойств материала.</p> <p>5) Контактное взаимодействие. Задание контактного взаимодействия.</p> <p>6) Особенности решения контактных задач.</p> <p>7) Решение нелинейных задач.</p> <p>8) Параметры нелинейных решений.</p>
6	Анализ тепломассопереноса.	<p>1) Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Возможности модуля для анализа теплопереноса.</p> <p>2) Процесс выполнения анализа теплопереноса.</p> <p>3) Задание термооптических свойств материала. Создание многослойных материалов.</p> <p>4) Задание краевых условий. Создание решения для теплового анализа.</p> <p>5) Постановка задачи анализа сложного теплообмена. Задание тепловых нагрузок.</p> <p>6) Задание граничных и начальных условий. Решение модели и анализ результатов.</p> <p>7) Учет массопереноса в тепловых задачах.</p> <p>8) Задание напорно-расходной характеристики.</p> <p>9) Решение модели и анализ результатов.</p>

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

5.3.1. Текущий контроль по практическим (семинарским) занятиям осуществляется в форме выполнения практических занятий, устного опроса и собеседования по контрольным вопросам.

Семестр №9		
1	Практическое занятие №1 Создание файла симуляции, КЭ модели и идеализации.	<p>1) Основные этапы процесса инженерного анализа?</p> <p>2) Какие типы решателей доступны в NX «Расширенная симуляция»?</p> <p>3) Какое расширение имеет файл идеализации? Какие данные он содержит?</p> <p>4) Какое расширение имеет файл КЭ модели? Какие данные он содержит?</p> <p>5) Какое расширение имеет файл симуляции? Какие данные он содержит?</p> <p>6) Можно ли создать файл КЭ модели не создавая файл идеализации?</p>
2	Практическое занятие №2 Идеализация геометрии.	<p>1) Идеализация геометрии выполняется в файле мастер модели?</p> <p>2) С какой целью необходимо использовать команду «Перенос тела»?</p>

		<p>3) Какие операции позволяет выполнять команда «Идеализировать геометрию»?</p> <p>4) С какой целью выполняется идеализация геометрии? Всегда ли это необходимо?</p> <p>5) Перечислите настройки инструмента команды «Разделить тело»? Продемонстрируйте их на примере детали.</p>
3	<p>Практическое занятие №3 Коллектор сетки. Материалы. Использование библиотеки материалов. Добавление материалов в библиотеку.</p>	<p>1) Что такое физические свойства?</p> <p>2) Какие способы создания физических свойств в приложении «Расширенная симуляция» существуют?</p> <p>3) С помощью какой команды назначаются материалы?</p> <p>4) Что такое коллектор сеток? Что такое коллектор назначения?</p> <p>5) Какие свойства хранит в себе коллектор сеток?</p> <p>6) Какие типы коллекторов сеток существуют?</p>
4	<p>Практическое занятие №4 Типы сеток КЭМ. Создание 1D сетки на геометрические модели. Использование сечения для 1D сетки.</p>	<p>1) Какие типы КЭ существуют?</p> <p>2) Что такое 1D элемент?</p> <p>3) Для решения каких задач используются 1D элементы?</p> <p>4) С помощью каких команд создается 1D сетка? Коллектор какого семейства используется для 1D элементов?</p> <p>5) Какой тип таблицы физических свойств используется для балочных элементов?</p> <p>6) Какими способами можно назначить сечение 1D элементов?</p>
5	<p>Практическое занятие №5 Нанесение 2D-сетки на геометрическую модель. Типы 2D-элементов.</p>	<p>1) Какие типы 2D элементов генерирует NX при создании 2D сетки?</p> <p>2) В каких случаях используется 2D сетка?</p> <p>3) Какие виды 2D сеток используются в NX Расширенная симуляция?</p> <p>4) Какими способами можно задать толщину оболочки при создании 2D сетки?</p> <p>5) Какие методы генерации сетки доступны в диалоговом окне команды «2D сетка»?</p>
6	<p>Практическое занятие №6 Нанесение 3D-сетки на геометрическую модель. Типы 3D-элементов.</p>	<p>1) Какие типы 3D элементов генерирует NX при создании 3D сетки?</p> <p>2) В каких случаях используется 3D сетка?</p> <p>3) Какие команды создания 3D сеток существуют в NX Расширенная симуляция?</p> <p>4) Какими способами можно контролировать количество КЭ на тонкой стенке?</p> <p>5) Какие методы генерации сетки доступны в диалоговом окне команды «3D гексаэдральная сетка»?</p>
7	<p>Практическое занятие №7 Проверка качества модели и сетки. Создание решения. Типы решений и решателей. Граничные условия. Типы и методы наложения граничных условий. Решение модели</p>	<p>1) Какие типы граничных условий используются в NX «Расширенная симуляция»?</p> <p>2) Какие типы нагрузок используются в NX «Расширенная симуляция»?</p> <p>3) Какие методы распределения силы существуют в NX «Расширенная симуляция»?</p> <p>4) Какие решатели и типы решений существуют в NX «Расширенная симуляция»?</p> <p>5) Какие данные хранят в себе решение и подслучай решения?</p>

8	Практическое занятие №8 Создание конечно-элементной сборки	<ol style="list-style-type: none"> 1) Какие варианты создания КЭ сборки существуют в NX? 2) В каких случаях возможно создание ассоциативной КЭ модели сборки? 3) Какие команды в среде симуляции предназначены для моделирования взаимодействий между КЭ моделями? 4) При помощи какой команды создаются КЭ модели клепаных соединений?
9	Практическое занятие №9 Создание модели симуляции	<ol style="list-style-type: none"> 1) Типы объектов симуляции. 2) Склеивание поверхности с поверхностью. 3) Контакт поверхности с поверхностью. 4) Задание ограничений КЭ-сборки. 5) Задание нагрузок к КЭ-сборке. 6) Расчет и анализ результатов.
Семестр №10		
1	Практическое занятие №1 Введение в расчет на устойчивость.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Понятие устойчивости конструкции. 2) Виды равновесия. Неустойчивое равновесие. 3) Виды равновесия. Устойчивое равновесие. 4) Виды равновесия. Безразличное равновесие.
2	Практическое занятие №2 Линейный анализ устойчивости.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Линейный анализ устойчивости. Создание файлов КЭ-модели и модели симуляции. 2) Идеализация геометрии. 3) Задание нагрузок и ограничений. 4) Решение модели и анализ результатов.
3	Практическое занятие №3 Нелинейный анализ устойчивости.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Нелинейный анализ устойчивости. Особенности нелинейного анализа устойчивости. 2) Создание файлов КЭ-модели и модели симуляции. Идеализация геометрии. 3) Задание параметров нелинейного решения. 4) Задание нелинейных свойств материала. 5) Задание нагрузок и ограничений. 6) Решение модели и анализ результатов.
4	Практическое занятие №4 Введение в динамический анализ конструкции.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Основы динамического анализа конструкций. 2) Учет инерционных и упругодемпферных свойств. 3) Массовые свойства. Демпфирование. 4) Определение собственных частот и форм свободных колебаний конструкции.
5	Практическое занятие №5 Частотный анализ.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Частотный анализ. Прямой метод. 2) Частотный анализ с помощью прямого метода. 3) Модальный анализ. 4) Частотный анализ методом суперпозиции форм.
6	Практическое занятие №6 Анализ переходных процессов.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Анализ переходных процессов. 2) Прямой метод. Анализ переходных процессов прямым методом. 3) Модальный анализ. Анализ переходных процессов модальным методом.
7	Практическое занятие №7 Введение в нелинейный анализ.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Введение в нелинейный анализ. 2) Особенности КЭ моделирования. 3) Нелинейные решения.
8	Практическое занятие №8 Понятие нелинейности конструкции.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Геометрическая нелинейность. 2) Нелинейность материалов. Типы нелинейных материалов. 3) Упругопластичный материал. 4) Задание пластических свойств материала.

9	Практическое занятие №9 Контактное взаимодействие. Решение нелинейных задач.	1) Контактное взаимодействие. Задание контактного взаимодействия. 2) Особенности решения контактных задач. 3) Решение нелинейных задач. 4) Параметры нелинейных решений.
10	Введение в анализ тепломассопереноса.	1) Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. 2) Возможности модуля для анализа теплопереноса. 3) Процесс выполнения анализа теплопереноса.
11	Задание термооптических свойств материалов. Задание краевых условий.	1) Задание термооптических свойств материала. 2) Создание многослойных материалов. 3) Задание краевых условий. 4) Создание решения для теплового анализа. 5) Постановка задачи анализа сложного теплообмена. 6) Задание тепловых нагрузок.
12	Задание граничных и начальных условий. Решение модели и анализ результатов.	1) Задание граничных и начальных условий. 2) Решение модели и анализ результатов. 3) Учет массопереноса в тепловых задачах. 4) Задание напорно-расходной характеристики. 5) Решение модели и анализ результатов.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание основных методов расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность;
	Знание типов конечных элементов;
	Знание типов нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель.
Умения	Умение создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения.
	Умение проводить расчеты на статическую прочность, на потерю устойчивости
	Умение осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения.
Навыки	Владение функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции.
	Владение функционалом программного обеспечения для анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания

Оценка сформированности компетенций по показателю **Знания**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание основных методов расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность.	Не знает основные методы расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность.	Знает основные методы расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность, но допускает неточности.	Знает основные методы расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность в полном объеме и на хорошем уровне.	Знает в полном объеме и на высоком уровне основные методы расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность.
Знание типов конечных элементов.	Не знает типы конечных элементов.	Знает типы конечных элементов, но допускает неточности.	Знает типы конечных элементов в полном объеме и на хорошем уровне.	Знает в полном объеме и на высоком уровне типы конечных элементов.
Знает типы нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель.	Не знает типы нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель.	Знает типы нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель, но допускает неточности.	Знает типы нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель в полном объеме и на хорошем уровне.	Знает в полном объеме и на высоком уровне типы нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель.

Оценка сформированности компетенций по показателю **Умения**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения.	Не умеет создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения.	Умеет создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения, но допускает неточности.	Умеет создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения в полном объеме и на хорошем уровне.	Умеет в полном объеме и на высоком уровне создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения.

Умение проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости.	Не умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости,	Умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости, но допускает неточности	Умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости в полном объеме и на хорошем уровне	Умеет в полном объеме и на высоком уровне проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости,
Умение осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения.	Не умеет осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения.	Умеет осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения, но допускает неточности.	Умеет осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения в полном объеме и на хорошем уровне.	Умеет в полном объеме и на высоком уровне осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения.

Оценка сформированности компетенций по показателю **Навыки**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции.	Не владеет функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции.	Владеет функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции, но допускает неточности.	Владеет функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции в полном объеме и на хорошем уровне.	Владеет в полном объеме и на высоком уровне функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции.
Владение функционалом программного обеспечения для анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия.	Не владеет функционалом программного обеспечения для анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия.	Владеет функционалом программного обеспечения для анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия, но допускает неточности.	Владеет функционалом программного обеспечения для анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия в полном объеме и на хорошем уровне.	Владеет в полном объеме и на высоком уровне функционалом программного обеспечения для решения, анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, экран, компьютер, ноутбук
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий, консультаций, экзамена, самостоятельной работы	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, экран, компьютер, ноутбук
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
Siemens NX 10, 2008	Исх. № 1114/16 от 24 ноября 2016 года.
Teamcenter 10, 11	Исх. № 1114/16 от 24 ноября 2016 года.
Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов.

1. Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 504 с.: ил.
2. Ельцов М.Ю., Хахалев П.А. Основы расчета изделия на прочность в

приложении NX Расширенная симуляция: учеб. пособие / М.Ю. Ельцов, П.А. Хахалев. – Белгород: изд-во БГТУ, 2014. – 207 с.

3. Ельцов М.Ю., Хахалев П.А., Широкова Л.Ю., Анциферов С.И. Альбом чертежей для создания электронно-цифровых моделей сборочных единиц механического оборудования предприятий строительных материалов <https://elibr.bstu.ru/Reader/Book/2014090311203496100000651830>

4. ГОСТ 2.001-70. Единая система конструкторской документации. Основные положения: [Сборник]. – М.: Изд-во стандартов, 2007.– 286с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Гончаров П.С., Ельцов М.Ю. Учебное пособие. NX для конструктора-машиностроителя.

http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/about_us/russian_book_nx_download.shtml

2. Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. NX Advanced Simulation. Практическое пособие.

http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/academic/books/nx_advanced_simulation_download.shtml

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО