

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Структурный анализ

специальность:

15.03.02 Технологические машины и оборудование

специализация:

15.03.02-22 Компьютерные технологии проектирования оборудования
предприятий строительных материалов

Квалификация

бакалавр

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 – бакалавриат по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утв.09.08.2021 г.№728
- 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(ими) 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-6 Способен применить современные методы инженерного анализа для расчета проектируемых машин и оборудования предприятий строительной индустрии, а также их узлов и деталей</p>	<p>ПК-6.1 Использует программное обеспечение, для инженерного анализа различных деталей и сборочных единиц</p>	<p>Знания Знает основные методы расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность;</p> <p>Умения Умеет создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения.</p> <p>Навыки Владеет функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции.</p>
	<p>ПК-6.2 Выполняет анализ результатов инженерных расчетов и принимает решение по оптимизации параметров рассчитываемого изделия.</p>	<p>Знания Знает типы конечных элементов; Знает типы нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель.</p> <p>Умения Умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости, динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения</p> <p>Навыки Владеет функционалом программного обеспечения для решения, анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

- 1. Компетенция ПК-6** Способен применить современные методы инженерного анализа для расчета проектируемых машин и оборудования предприятий строительной индустрии, а также их узлов и деталей

Данная компетенция формируется следующей дисциплиной.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Структурный анализ

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов. Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки.

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	72	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	67	36	31
лекции	26	17	9
лабораторные	-	-	-
практические	35	17	18
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ¹	6	2	4
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	149	36	113
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Расчетно-графическое задание	36	18	18
Индивидуальное домашнее задание	18	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	59	9	50
Экзамен	36	-	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 4 Семестр 7

№ 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. 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. Информация о сетке, материале, нагрузках и условиях закрепления.</p> <p>Проверочный расчет в Process Studio Stress Wizard</p>	13	13		18
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. Внесение конструктивных изменений.</p>	4	4	-	18

ВСЕГО	17	17	-	36
-------	----	----	---	----

Курс 4 Семестр 8

№ 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. Симуляция кинематики.					
	<p>Введение. Модуль NX «Кинематика». Создание нового решения. Типы решателей кинематики. Настройки решения.</p> <p>Понятие «Перемещаемое тело», «Соединение», «Движитель». Типы соединений. Типы движителей.</p> <p>Создание механических передач. Соединение перемещаемых тел. Соединение зубчатой передачи. Рейка и шестерня.</p> <p>Задание соединителей. Пружина. Демпфер. Втулка. Усилие балки. Подшипник и свойства подшипника.</p> <p>Задание контактов. 3D контакт. Зубчатая передача. Контакт зубьев шестерни. Аналитический контакт и свойства.</p> <p>Создание маркеров, интеллектуальных точек и сенсоров.</p> <p>Задание сил и крутящих моментов. Скаляр силы. Вектор силы. Скаляр момента. Вектор момента. Сила, задаваемая пользователем. Менеджер сил, задаваемых пользователем.</p> <p>Проверка модели. Создание решения. Выполнение решения. Расчет статического равновесия. Работа с результатами симуляции кинематики.</p> <p>Перенос нагрузок в приложение Пре/постпроцессор. Анализ податливого тела.</p>	9	18		77
	ВСЕГО	9	18	-	77

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 № 7				
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 единицы на прочность методом конечных элементов.	Создание конечно-элементной сборки	1	4
9		Создание модели симуляции	3	6
ВСЕГО:			17	36
семестр № 8				
1	Симуляция кинематики	Введение в модуль «Симуляция кинематики»	2	10
2		Создание механических передач.	2	12
3		Задание соединений.	3	13
4		Задание контактов.	3	12
5		Задание маркеров.	2	8
6		Задание силового воздействия.	2	8
7		Проверка и расчет модели.	2	8
8		Анализ податливого тела.	2	6
ВСЕГО:			18	77

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 (7 семестр) – Расчет сборочной единицы методом конечных элементов.

Тема индивидуального домашнего задания (8 семестр) – Расчет статического равновесия сборочной единицы методом конечных элементов.

Тема расчетно - графического задания (8 семестр) – Расчет статического равновесия сборочной единицы методом конечных элементов.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-6 Способен применить современные методы инженерного анализа для расчета проектируемых машин и оборудования предприятий строительной индустрии, а также их узлов и деталей

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-6.1 – Использует программное обеспечение, для инженерного анализа различных деталей и сборочных единиц	Экзамен Собеседование Защита ИДЗ Защита РГЗ
ПК-6.2 – Выполняет анализ результатов инженерных расчетов и принимает решение по оптимизации параметров рассчитываемого изделия	Экзамен Собеседование Защита ИДЗ Защита РГЗ

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

№ п/п	Наименование раздела	Компетенция	Содержание вопросов (типовых заданий)
семестр № 7			
1	Расчет детали на прочность методом конечных элементов.	ПК-6	<ol style="list-style-type: none"> 1) Какое программное обеспечение применяется для систем инженерного анализа? 2) Что такое CAE? 3) Как осуществляется запуск модуля «Расширенная симуляция» в системе NX? 4) Что такое навигатор симуляции? 5) Что такое панели управления? 6) Для чего применяется упрощение, идеализация и редактирование геометрической модели? 7) Как осуществляется процесс создание срединной поверхности? 8) Как осуществляется процесс редактирование сложных срединных поверхностей? 9) Что такое одномерные сетки? 10) Как осуществляется процесс создание одномерных сеток? 11) Какие бывают типы 1D элементов? 12) Что такое сечение 1D элементов? 13) Что такое ориентация сечения 1D элементов? 14) этапы построение 2D сеток? 15) Какие типы 2D элементов вы знаете? 16) Как осуществляется нанесение 3D сетки на геометрическую модель? 17) Какие существуют типы 3D конечных элементов? 18) Какие существуют типы 3D сеток? 19) Как происходит создание точек сетки? 20) Как осуществляется обновление сетки конечных элементов? 21) Как производится редактирование сеток? 22) Какие вы знаете физические свойства сеток? 23) Что такое коллектор сетки? 24) Как происходит создание коллектора? 25) Что такое физические свойства материала? 26) Что такое библиотека материалов? 27) Как осуществляется добавление материала в библиотеку материалов? 28) Какие типы нагрузок вы знаете? 29) Для чего применяется приложение нагрузок в расчёте?

			<p>30) Какие типы ограничений вам известны?</p> <p>31) Как осуществляется приложение ограничений к геометрической модели?</p> <p>32) Как происходит проверка конечно-элементной модели?</p> <p>33) Как осуществляется решение конечно-элементной модели?</p> <p>34) Какие типы решателей вы знаете?</p> <p>35) Как происходит работа с полученными результатами?</p> <p>36) Что такое маркеры?</p> <p>37) Как осуществляется редактирование маркеров?</p> <p>38) Что такое навигатор постпроцессора?</p> <p>39) Как происходит процесс создания отчета?</p> <p>40) Как посмотреть информацию о сетке КЭ материалах, граничных условиях?</p> <p>41) Как происходит процесс редактирования отчета?</p> <p>42) Как осуществляется оптимизация геометрии модели?</p> <p>43) Какой алгоритм расчета на оптимизацию геометрии?</p> <p>44) Как осуществляется работа в модуле «Расширенная симуляция» системы NX под управлением PLM-системы Teamcenter?</p>
2	Расчет сборочной единицы на прочность методом конечных элементов.	ПК-6	<p>1) Опишите процесс создания сборки конечно-элементных моделей?</p> <p>2) Как осуществляется работа с файлом AFM?</p> <p>3) Как происходит процесс добавления конечно-элементных моделей в файл FEM-сборки?</p> <p>4) Что такое 1D соединение?</p> <p>5) Какие типы 1D соединений вы знаете?</p> <p>6) Как осуществляется управление метками сборки?</p> <p>7) Как происходит контакт поверхностей?</p> <p>8) Как происходит процесс создания контакта поверхностей?</p> <p>9) Какие опции контакта вы знаете?</p> <p>10) Как осуществляется склейка поверхностей?</p> <p>11) Как происходит процесс создание склейки поверхностей?</p>
3	Расчет сборочной единицы на устойчивость.	ПК-6	<p>1) Что такое устойчивость конструкции?</p> <p>2) Для чего применяется вид равновесия: неустойчивое равновесие?</p> <p>3) Для чего применяется вид равновесия: устойчивое равновесие?</p> <p>4) Для чего применяется вид равновесия: безразличное равновесие?</p> <p>5) Как осуществляется линейный анализ</p>

			<p>устойчивости?</p> <p>6) Как происходит процесс создания файлов КЭ-модели и модели симуляции?</p> <p>7) Что такое идеализация геометрии?</p> <p>8) Как происходит задание нагрузок и ограничений?</p> <p>9) Как происходит процесс решения модели и анализ результатов?</p> <p>10) Как осуществляется нелинейный анализ устойчивости?</p> <p>11) Какие особенности нелинейного анализа устойчивости вы знаете?</p> <p>12) Как осуществляется задание параметров нелинейного решения?</p> <p>13) Как осуществляется задание нелинейных свойств материала?</p> <p>14) Как осуществляется задание нагрузок и ограничений?</p>
4	Динамический анализ конструкции.	ПК-6	<p>1) Какие основы динамического анализа конструкций вы знаете?</p> <p>2) Как учитываются инерционных и упругодемпферных свойства?</p> <p>3) Какие массовые свойства вы знаете?</p> <p>4) Что такое демпфирование?</p> <p>5) Как определяются собственные частоты и формы свободных колебаний конструкции?</p> <p>6) Как осуществляется частотный анализ?</p> <p>7) Как осуществляется частотный анализ с помощью прямого метода?</p> <p>8) Как осуществляется модальный анализ?</p> <p>9) Как осуществляется частотный анализ методом суперпозиции форм?</p> <p>10) Как происходит анализ переходных процессов?</p> <p>11) Как осуществляется анализ переходных процессов прямым методом?</p> <p>12) Как осуществляется анализ переходных процессов модальным методом?</p>

5.2.2. Перечень контрольных вопросов для экзамена

№ п/п	Наименование раздела	Компетенция	Содержание вопросов (типовых заданий)
семестр № 8			
1	Расчет детали на прочность методом конечных элементов.	ПК-6	<p>1) Какое программное обеспечение применяется для систем инженерного анализа?</p> <p>2) Что такое CAE?</p> <p>3) Как осуществляется запуск модуля «Расширенная симуляция» в системе NX?</p>

		<ol style="list-style-type: none"> 4) Что такое навигатор симуляции? 5) Что такое панели управления? 6) Для чего применяется упрощение, идеализация и редактирование геометрической модели? 7) Как осуществляется процесс создание срединной поверхности? 8) Как осуществляется процесс редактирование сложных срединный поверхности? 9) Что такое одномерные сетки? 10) Как осуществляется процесс процесс создание одномерных сеток? 11) Какие бывают типы 1D элементов? 12) Что такое сечение 1D элементов? 13) Что такое ориентация сечения 1D элементов? 14) этапы построение 2D сеток? 15) Какие типы 2D элементов вы знаете? 16) Как осуществляется нанесение 3D сетки на геометрическую модель? 17) Какие существуют типы 3D конечных элементов? 18) Какие существуют типы 3D сеток? 19) Как происходит создание точек сетки? 20) Как осуществляется обновление сетки конечных элементов? 21) Как производится редактирование сеток? 22) Какие вы знаете физические свойства сеток? 23) Что такое коллектор сетки? 24) Как происходит создание коллектора? 25) Что такое физические свойства материала? 26) Что такое библиотека материалов? 27) Как осуществляется добавление материала в библиотеку материалов? 28) Какие типы нагрузок вы знаете? 29) Для чего применяется приложение нагрузок в расчёте? 30) Какие типы ограничений вам известны? 31) Как осуществляется приложение ограничений к геометрической модели? 32) Как происходит проверка конечно-элементной модели? 33) Как осуществляется решение конечно-элементной модели? 34) Какие типы решателей вы знаете? 35) Как происходит работа с полученными результатами? 36) Что такое маркеры? 37) Как осуществляется редактирование маркеров? 38) Что такое навигатор постпроцессора? 39) Как происходит процесс создания отчета? 40) Как посмотреть информацию о сетке КЭ материалах, граничных условиях? 41) Как происходит процесс редактирования отчета? 42) Как осуществляется оптимизация геометрии модели? 43) Какой алгоритм расчета на оптимизацию геометрии? 44) Как осуществляется работа в модуле «Расширенная симуляция» системы NX под управлением PLM-системы Teamcenter?
--	--	--

2	Расчет сборочной единицы на прочность методом конечных элементов.	ПК-6	<ol style="list-style-type: none"> 1) Опишите процесс создания сборки конечно-элементных моделей? 2) Как осуществляется работа с файлом AFM? 3) Как происходит процесс добавления конечно-элементных моделей в файл FEM-сборки? 4) Что такое 1D соединение? 5) Какие типы 1D соединений вы знаете? 6) Как осуществляется управление метками сборки? 7) Как происходит контакт поверхностей? 8) Как происходит процесс создания контакта поверхностей? 9) Какие опции контакта вы знаете? 10) Как осуществляется склейка поверхностей? 11) Как происходит процесс создание склейки поверхностей?
3	Расчет сборочной единицы на устойчивость.	ПК-6	<ol style="list-style-type: none"> 1) Что такое устойчивость конструкции? 2) Для чего применяется вид равновесия: неустойчивое равновесие? 3) Для чего применяется вид равновесия: устойчивое равновесие? 4) Для чего применяется вид равновесия: безразличное равновесие? 5) Как осуществляется линейный анализ устойчивости? 6) Как происходит процесс создания файлов КЭ-модели и модели симуляции? 7) Что такое идеализация геометрии? 8) Как происходит задание нагрузок и ограничений? 9) Как происходит процесс решения модели и анализ результата? 10) Как осуществляется нелинейный анализ устойчивости? 11) Какие особенности нелинейного анализа устойчивости вы знаете? 12) Как осуществляется задание параметров нелинейного решения? 13) Как осуществляется задание нелинейных свойств материала? 14) Как осуществляется задание нагрузок и ограничений?
4	Динамический анализ конструкции.	ПК-6	<ol style="list-style-type: none"> 1) Какие основы динамического анализа конструкций вы знаете? 2) Как учитываются инерционных и упругодемпферных свойства? 3) Какие массовые свойства вы знаете? 4) Что такое демпфирование? 5) Как определяются собственные частоты и формы свободных колебаний конструкции? 6) Как осуществляется частотный анализ? 7) Как осуществляется частотный анализ с помощью прямого метода? 8) Как осуществляется модальный анализ? 9) Как осуществляется частотный анализ методом суперпозиции форм? 10) Как происходит анализ переходных процессов? 11) Как осуществляется анализ переходных процессов прямым методом?

			12) Как осуществляется анализ переходных процессов модальным методом?
Семестр №8			
5	Симуляция кинематики	ПК-6	<ol style="list-style-type: none"> 1) Для чего применяется модуль NX «Кинематика»? 2) Какие основные типы решателей кинематики вы знаете? 3) Что такое «Перемещаемое тело»? 4) Что такое «Соединение»? 5) Что такое «Движитель»? 6) Какие основные типы соединений и движителей вам известны? 7) Для чего применяется создание механических передач? 8) Как осуществляется соединение перемещаемых тел? 9) Как осуществляется создание механических передач? 10) Как осуществляется соединение зубчатой передачи? 11) Как осуществляется создание механических передач: рейка и шестерня? 12) Для чего применяется создание механических передач: Кабельное соединение? 13) Как осуществляется процесс создания механических передач 2-3 шарнирное соединение? 14) Как осуществляется процесс создания дискретной трансмиссии? 15) Для чего применяется задание соединителей? 16) Как осуществляется задание соединителей пружина? 17) Как осуществляется задание соединителей демпфер? 18) Как осуществляется задание соединителей втулка? 19) Как осуществляется задание соединителей усилие балки? 20) Как осуществляется задание соединителей подшипник и свойства подшипника? 21) Для чего применяется задание контактов? 22) Как осуществляется задание 3D контакта? 23) Как осуществляется задание зубчатой передачи? 24) Как осуществляется задание контакта зубьев шестерни? 25) Как осуществляется задание контакта аналитический контакт и свойства? 26) Как осуществляется создание маркеров? 27) Как осуществляется создание интеллектуальных точек? 28) Как осуществляется создание сенсоров? 29) Как осуществляется создание задание сил и крутящих моментов? 30) Как осуществляется создание скаляр силы? 31) Как осуществляется создание вектора силы. 32) Как осуществляется создание скаляр момента? 33) Как осуществляется создание вектор момента? 34) Как осуществляется создание силы задаваемой пользователем? 35) Для чего применяется менеджер сил, задаваемых пользователем? 36) Как осуществляется проверка модели? 37) Как осуществляется процесс создание решения? 38) Как осуществляется выполнение решения? 39) Как осуществляется расчет статического равновесия? 40) Как осуществляется работа с результатами симуляции кинематики?

			41) Для чего применяется перенос нагрузок в приложение Пре/постпроцессор? 42) Для чего применяется анализ податливого тела?
--	--	--	--

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

5.3.1. Текущий контроль по практическим занятиям осуществляется в форме выполнения практического задания и собеседования по контрольным вопросам

№ п/п	Задание	Компетенция	Содержание вопросов (типовых заданий)
Семестр № 7			
1	Практическое занятие №1 Создать файл симуляции, КЭ модели и идеализации.	ПК-6	1) Какие можно выделить этапы процесса инженерного анализа? 2) Какие можно выделить типы решателей доступны в NX «Расширенная симуляция»? 3) Какое расширение имеет файл идеализации? 4) Какое расширение имеет файл КЭ модели? 5) Какое расширение имеет файл симуляции? 6) Можно ли создать файл КЭ модели не создавая файл идеализации?
2	Практическое занятие №2 Провести идеализацию геометрии.	ПК-6	1) Идеализация геометрии выполняется в файле мастер модели? 2) С какой целью необходимо использовать команду «Перенос тела»? 3) Какие операции позволяет выполнять команда «Идеализировать геометрию»? 4) С какой целью выполняется идеализация геометрии? Всегда ли это необходимо? 5) Перечислите настройки инструмента команды «Разделить тело»? Продемонстрируйте их на примере детали.
3	Практическое занятие №3 Изучить коллектор сетки, материалы и работу с библиотекой материалов.	ПК-6	1) Что такое физические свойства? 2) Какие способы создания физических свойств в приложении «Расширенная симуляция» существуют? 3) С помощью какой команды назначаются материалы? 4) Что такое коллектор сеток? 5) Что такое коллектор назначения? 6) Какие свойства хранит в себе коллектор сеток? 7) Какие типы коллекторов сеток существуют?
4	Практическое занятие №4	ПК-6	1) Какие типы КЭ существуют? 2) Что такое 1D элемент? 3) Для решения каких задач используются

	Изучить типы сеток КЭМ и Создание 1D сетки на геометрические модели.		1D элементы? 4) С помощью каких команд создается 1D сетка? 5) Коллектор какого семейства используется для 1D элементов? 6) Какой тип таблицы физических свойств используется для балочных элементов? 7) Какими способами можно назначить сечение 1D элементов?
5	Практическое занятие №5 Осуществить нанесение 2D-сетки на геометрическую модель.	ПК-6	1) Какие типы 2D элементов генерирует NX при создании 2D сетки? 2) В каких случаях используется 2D сетка? 3) Какие виды 2D сеток используются в NX Расширенная симуляция? 4) Какими способами можно задать толщину оболочки при создании 2D сетки? 5) Какие методы генерации сетки доступны в диалоговом окне команды «2D сетка»?
6	Практическое занятие №6 Осуществить нанесение 3D-сетки на геометрическую модель.	ПК-6	1) Какие типы 3D элементов генерирует NX при создании 3D сетки? 2) В каких случаях используется 3D сетка? 3) Какие команды создания 3D сеток существуют в NX Расширенная симуляция? 4) Какими способами можно контролировать количество КЭ на тонкой стенке? 5) Какие методы генерации сетки доступны в диалоговом окне команды «3D гексаэдральная сетка»?
7	Практическое занятие №7 Осуществить проверку качества модели и сетки и создание решения.	ПК-6	1) Какие типы граничных условий используются в NX «Расширенная симуляция»? 2) Какие типы нагрузок используются в NX «Расширенная симуляция»? 3) Какие методы распределения силы существуют в NX «Расширенная симуляция»? 4) Какие решатели и типы решений существуют в NX «Расширенная симуляция»? 5) Какие данные хранят в себе решение и подслучай решения?
8	Практическое занятие №8 Осуществить создание конечно-элементной сборки	ПК-6	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	ПК-6	1) Какие вы знаете типы объектов симуляции? 2) Как осуществляется склеивание поверхн

	Осуществить создание модели симуляции		ости с поверхностью. 3) Как осуществляется контакт поверхность и с поверхностью? 4) Как осуществляется задание ограничений КЭ-сборки? 5) Как осуществляется задание нагрузок к КЭ-сборке? 6) Как производится расчет и анализ результатов?
Семестр № 8			
1	Практическое занятие №1 Изучить основы модуля «Симуляция кинематики».	ПК-6	1) Для чего применяется модуль NX «Кинематика»? 2) Какие основные типы решателей кинематики вы знаете? 3) Что такое «Перемещаемое тело»? 4) Что такое «Соединение»? 5) Что такое «Движитель»? 6) Какие основные типы соединений и движителей вам известны?
2	Практическое занятие №2 Выполнить создание механических передач.	ПК-6	1) Для чего применяется создание механических передач? 2) Как осуществляется соединение перемещаемых тел? 3) Как осуществляется создание механических передач? 4) Как осуществляется соединение зубчатой передачи? 5) Как осуществляется создание механических передач: рейка и шестерня? 6) Для чего применяется создание механических передач: Кабельное соединение? 7) Как осуществляется процесс создания механических передач 2-3 шарнирное соединение? 8) Как осуществляется процесс создания дискретной трансмиссии?
3	Практическое занятие №3 Выполнить задание соединений.	ПК-6	1) Для чего применяется задание соединителей? 2) Как осуществляется задание соединителей пружина? 3) Как осуществляется задание соединителей демпфер? 4) Как осуществляется задание соединителей втулка? 5) Как осуществляется задание соединителей усилие балки? 6) Как осуществляется задание соединителей подшипник и свойства подшипника?
4	Практическое занятие №4 Выполнить задание	ПК-6	1) Для чего применяется задание контактов? 2) Как осуществляется задание 3D контакта?

	контактов.		3) Как осуществляется задание зубчатой передачи? 4) Как осуществляется задание контакта зубьев шестерни? 5) Как осуществляется задание контакта аналитический контакт и свойства?
5	Практическое занятие №5 Выполнить задание маркеров.	ПК-6	1) Как осуществляется создание маркеров? 2) Как осуществляется создание интеллектуальных точек? 3) Как осуществляется создание сенсоров?
6	Практическое занятие №6 Выполнить задание силового воздействия.	ПК-6	1) Как осуществляется задание сил и крутящих моментов? 2) Как осуществляется создание скаляр силы? 3) Как осуществляется создание вектора силы. 4) Как осуществляется создание скаляр момента? 5) Как осуществляется создание вектор момента? 6) Как осуществляется задание силы задаваемой пользователем? 7) Для чего применяется менеджер сил, задаваемых пользователем?
7	Практическое занятие №7 Выполнить проверку и расчет модели.	ПК-6	1) Как осуществляется проверка модели? 2) Как осуществляется процесс создание решения? 3) Как осуществляется выполнение решения? 4) Как осуществляется расчет статического равновесия? 5) Как осуществляется работа с результатами симуляции кинематики?
8	Практическое занятие №8 Провести анализ податливого тела.	ПК-6	1) Для чего применяется перенос нагрузок в приложение Пре/постпроцессор? 2) Для чего применяется анализ податливого тела?

5.3.2. Защита ИДЗ в 7 семестре осуществляется по результатам выполнения ИДЗ и собеседования по контрольным вопросам.

Типовые контрольные вопросы.

1. Какое программное обеспечение применяется для систем инженерного анализа?
2. Что такое CAE?
3. Что такое навигатор симуляции?
4. Для чего применяется упрощение, идеализация и редактирование геометрической модели?
5. Какие бывают типы 1D элементов?
6. Какие типы 2D элементов вы знаете?
7. Какие существуют типы 3D конечных элементов?

8. Что такое коллектор сетки?
9. Что такое физические свойства материала?
10. Что такое библиотека материалов?

5.3.2. Защита ИДЗ в 8 семестре осуществляется по результатам выполнения ИДЗ и собеседования по контрольным вопросам.

Типовые контрольные вопросы.

1. Что такое устойчивость конструкции?
2. Что такое коллектор сетки?
3. Какие основные типы ограничений вам известны?
4. Что такое маркеры?
5. Что такое навигатор постпроцессора?
6. Как осуществляется оптимизация геометрии модели?
7. Как происходит процесс добавления конечно-элементных моделей в файл FEM-сборки?
8. Как осуществляется управление метками сборки?
9. Как происходит процесс создания контакта?
10. Как осуществляется процесс создания сборки конечно-элементных моделей?

5.3.3. Защита РГЗ в 8 семестре осуществляется по результатам выполнения РГЗ и собеседования по контрольным вопросам.

Типовые контрольные вопросы.

1. Для чего применяется модуль NX «Кинематика»?
2. Какие основные типы соединений и движителей вам известны?
3. Как осуществляется соединение перемещаемых тел?
4. В каких случаях используется 3D сетка?
5. Какие методы генерации сетки доступны в диалоговом окне команды «3D гексаэдральная сетка»?
6. С какой целью необходимо использовать команду «Перенос тела»?
7. С помощью каких команд создается 1D сетка?
8. С какой целью выполняется идеализация геометрии?
9. Какое расширение имеет файл КЭ модели?
10. Какое расширение имеет файл симуляции?

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	Знает основные методы расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность. Знает типы конечных элементов. Знает типы нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель.
Умения	Умеет создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения. Умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости, динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения.
Навыки	Владеет функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции. Владеет функционалом программного обеспечения для решения, 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
Знает основные методы 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.
Знает типы 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
Умеет 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.
Умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости, динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения.	Не умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости, динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения.	Умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости, динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения, но допускает неточности.	Умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости, динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения в полном объеме и на хорошем уровне.	Умеет в полном объеме и на высоком уровне проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости, динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения.

Оценка сформированности компетенций по показателю **Навыки**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеет 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.
Владеет функционалом программного обеспечения для решения, анализа результатов расчета и оптимизации конструкции	Не владеет функционалом программного обеспечения для решения, анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия.	Владеет функционалом программного обеспечения для решения, анализа результатов расчета и оптимизации конструкции	Владеет функционалом программного обеспечения для решения, анализа результатов расчета и оптимизации конструкции	Владеет в полном объеме и на высоком уровне функционалом программного обеспечения для решения, анализа результатов

изделия.		изделия, но допускает неточности.	изделия в полном объеме и на хорошем уровне.	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.
GoogleChrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
MozillaFirefox	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://elib.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 ПРОГРАММЫ⁴

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями⁵

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

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

⁴ Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

⁵ Нужно подчеркнуть