

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический

ЮУрГУ	Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП	
Кому выдан: Фёдоров В. Б.	
Пользователь: fedorovvb	
Дата подписания: 31.05.2021	

В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ДВ.1.08.02 Конечно-элементные модели авиационных и ракетных комплексов

для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

уровень специалист тип программы Специалитет

специализация Проектирование жидкостных ракетных двигателей

форма обучения очная

кафедра-разработчик Летательные аппараты

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 16.02.2017 № 141

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.

В. Г. Дегтярь

ЮУрГУ	Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП	
Кому выдан: Дегтярь В. Г.	
Пользователь: degtiaryv	
Дата подписания: 29.05.2021	

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент

Р. А. Пешков

ЮУрГУ	Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП	
Кому выдан: Пешков Р. А.	
Пользователь: peshkovra	
Дата подписания: 19.05.2021	

СОГЛАСОВАНО

Зав.выпускающей кафедрой
Двигатели летательных
аппаратов
д.техн.н., проф.

С. Д. Ваулин

ЮУрГУ	Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП	
Кому выдан: Ваулин С. Д.	
Пользователь: vauilinsd	
Дата подписания: 31.05.2021	

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины: - формирование системы профессиональных знаний и практических навыков решения задач механики твердого тела (применительно к инженерному анализу конструкций летательных аппаратов) с помощью метода конечных элементов. Задачи изучения дисциплины: - освоение знаний и навыков использования метода конечных элементов при проектировании конструкций ракетно-космической техники с помощью современных компьютерных технологий метода конечных элементов.

Краткое содержание дисциплины

1. Применение пакета программ MathCad для выполнения математических расчетов.
2. Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики летательных аппаратов.
3. Основные понятия вариационных методов в механике сплошных сред.
4. Матричный метод перемещений для стержневых систем.
5. Метод конечных элементов в механике конструкций.
6. Конечные элементы сплошной среды.
7. Численное интегрирование в методе конечных элементов.
8. Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики.
9. Особенности практических расчетов с использованием программного комплекса конечно-элементного анализа ANSYS.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНЫ)
	Знать: характеристики современных программных пакетов, реализующих метод конечных элементов
ПСК-3.2 способностью выполнять расчеты статических и динамических характеристик рабочего процесса ЖРД, их узлов и элементов	Уметь: моделировать элементы конструкций жидкостных ракетных двигателей с использованием одномерных, плоских и пространственных конечных элементов
	Владеть: навыками формирования матричных уравнений с использованием подматриц и выполнением матричных операций
ОК-10 творческим принятием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знать: Метод Ньютона (функции Find, Minerr), метод секущих (функция root). Экстремум функции. Уметь: Решать системы линейных и нелинейных алгебраических уравнений Владеть: Программно-вычислительным комплексом MathCad для выполнения инженерных расчетов
ПК-1 способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Знать: теоретические основы метода конечных элементов Уметь: решать задачи нелинейного деформирования конструкции Владеть: навыками оформления научно-технических отчетов в соответствии с ГОСТ

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.06 Физика, Б.1.09 Теоретическая механика, Б.1.05.02 Математический анализ, Б.1.14 Сопротивление материалов, Б.1.07 Информатика и программирование	Б.1.30 Динамика и прочность конструкций авиационных и ракетных двигателей

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.14 Сопротивление материалов	Знание методов инженерных расчётов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при одновременном удовлетворении требований надежности, экономичности и долговечности
Б.1.06 Физика	Знать основные законы
Б.1.05.02 Математический анализ	Знать матричную запись уравнений, операции с матрицами
Б.1.07 Информатика и программирование	Уметь программировать, проводить технические расчеты с помощью компьютера
Б.1.09 Теоретическая механика	Знание общих законах механического движения и взаимодействия материальных тел

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		6
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>		
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	40	40
Выполнение контрольных заданий	25	25
Подготовка к зачету	15	15
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий
---	----------------------------------	--------------------------

раздела		по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Пакет программ MathCad для выполнения математических расчетов	2	0	2	0
2	Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики летательных аппаратов	4	2	2	0
3	Основные понятия вариационных методов в механике сплошных сред	2	2	0	0
4	Матричный метод перемещений для стержневых систем	4	2	2	0
5	Метод конечных элементов в механике конструкций	4	2	2	0
6	Конечные элементы сплошной среды	4	2	2	0
7	Численное интегрирование в методе конечных элементов	4	2	2	0
8	Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики	4	2	2	0
9	Особенности практических расчетов с использованием программного комплекса конечно-элементного анализа ANSYS	4	2	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	2	Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики летательных аппаратов	2
2	3	Основные понятия вариационных методов в механике сплошных сред	2
3	4	Матричный метод перемещений для стержневых систем	2
4	5	Метод конечных элементов в механике конструкций	2
5	6	Конечные элементы сплошной среды	2
6	7	Численное интегрирование в методе конечных элементов	2
7	8	Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики	2
8	9	Особенности практических расчетов с использованием программного комплекса конечно-элементного анализа ANSYS	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Особенности использования программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов	2
2	2	Краткая характеристика и состав пакетов, реализующих метод конечных элементов	2
3	4	Расчет ферменной конструкции матричным методом перемещений. Построение геометрической модели конструкции. Системы координат. Матрицы узловых сил и смещений. Решение системы уравнений МКЭ.	2
4	5	Расчет ферменной конструкции методом конечных элементов.	2
5	6	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели.	2
6	7	Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённой нагрузки	2
7	8	Определение собственных форм и частот конструкции	2

8	9	Расчет напряжений в оболочках (мембранных и баках) нагруженных давлением	1
9	9	Расчет напряжений в пластине при нагреве, напряжений диска при его вращении, пространственной фермы летательного аппарата	1

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка к зачету	Сегерлинд, Л. Дж. Применение метода конечных элементов Пер. с англ. А. А. Шестакова; Под ред. Б. Е. Победри. - М.: Мир, 1979. - 392 с. ил.	15
Контрольное задание: расчет ферменной конструкции методом конечных элементов в среде ANSYS	Сегерлинд, Л. Дж. Применение метода конечных элементов Пер. с англ. А. А. Шестакова; Под ред. Б. Е. Победри. - М.: Мир, 1979. - 392 с. ил. (с. 212-218)	5
Контрольное задание: расчет ферменной конструкции матричным методом перемещений.	Кирьянов, Д. В. Mathcad 13 Наиболее полн. рук. Д. В. Кирьянов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2006. - X,590 с. (с. 272-298)	5
Контрольное задание: определение коэффициента концентрации напряжений в плоской детали с отверстиями, галтелями и выточками.	Басов, К. А. ANSYS Текст справ. пользователя К. А. Басов. - 2-е изд., стер. - М.: ДМК-Пресс, 2012. - 639 с. ил. (с. 556-561)	5
Контрольное задание: расчет пространственной фермы летательного аппарата	Сегерлинд, Л. Дж. Применение метода конечных элементов Пер. с англ. А. А. Шестакова; Под ред. Б. Е. Победри. - М.: Мир, 1979. - 392 с. ил. (с. 226-241)	5
Контрольное задание: расчёт температурных деформаций и напряжений в плоской детали сложной формы. Расчёт напряжённо - деформированного состояния во вращающемся диске.	Сегерлинд, Л. Дж. Применение метода конечных элементов Пер. с англ. А. А. Шестакова; Под ред. Б. Е. Победри. - М.: Мир, 1979. - 392 с. ил. (с. 218-226)	5

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Метод работы в малых группах	Практические занятия и семинары	Расчет ферменной конструкции матричным методом перемещений	2
Разбор конкретных ситуаций	Лекции	Решение задач	6
Компьютерное моделирование и практический анализ результатов	Практические занятия и семинары	Расчет напряженний в оболочках (мембранных и баках) нагруженных давлением. Анализ результатов.	2
Компьютерное моделирование	Практические	Расчет реальных конструкций	4

и практический анализ результатов	занятия и семинары	летательных аппаратов. Анализ результатов	
-----------------------------------	--------------------	---	--

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУны	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики летательных аппаратов	ОК-10 творческим принятием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-1	Контрольное задание-1
Матричный метод перемещений для стержневых систем	ПСК-3.2 способностью выполнять расчеты статических и динамических характеристик рабочего процесса ЖРД, их узлов и элементов	Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-2	Контрольное задание-2
Все разделы	ОК-10 творческим принятием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Мероприятие промежуточной аттестации в виде зачета (письменный опрос)	Вопросы к зачету: 1-20
Все разделы	ПСК-3.2 способностью выполнять расчеты статических и динамических характеристик рабочего процесса ЖРД, их узлов и элементов	Мероприятие промежуточной аттестации в виде зачета (письменный опрос)	Вопросы к зачету: 21-40
Конечные элементы сплошной среды	ПК-1 способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-3	Контрольное задание-3
Все разделы	ПК-1 способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с	Мероприятие промежуточной аттестации в виде зачета (письменный опрос)	Вопросы к зачету: 41-61

	техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования		
Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики	ПК-1 способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-4	Контрольное задание-4
Особенности практических расчетов с использованием программного комплекса конечно-элементного анализа ANSYS	ПСК-3.2 способностью выполнять расчеты статических и динамических характеристик рабочего процесса ЖРД, их узлов и элементов	Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-5	Контрольное задание-5

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Мероприятие промежуточной аттестации в виде зачета (письменный опрос)	<p>Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводятся во время сдачи зачета. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 5 вопросов в билете. Время, отведенное на опрос -40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 8 баллам. Частично правильный ответ соответствует 5 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40.</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося по дисциплине больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося по дисциплине менее 60 %</p>
Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-1	<p>Контрольное задание осуществляется на последнем занятии изучаемых разделов с 1 по 2. Студентудается задача. Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет и графическая часть выполнены верно – 12 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 10 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена 	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>

	верно – 8 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 4 балла; - задача не выполнена – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 12. Весовой коэффициент мероприятия - 12.	
Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-2	<p>Контрольное задание осуществляется на последнем занятии изучаемых разделов с 3 по 4. Студенту дается задача. Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет и графическая часть выполнены верно – 12 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 10 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 8 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 4 балла; - задача не выполнена – 0 баллов. <p>Максимальное количество баллов – 12. Весовой коэффициент мероприятия - 12.</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>
Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-3	<p>Контрольное задание осуществляется на последнем занятии изучаемых разделов с 5 по 6. Студенту дается задача. Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет и графическая часть выполнены верно – 12 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 10 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 8 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 4 балла; - задача не выполнена – 0 баллов. <p>Максимальное количество баллов – 12. Весовой коэффициент мероприятия - 12.</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>
Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-4	<p>Контрольное задание осуществляется на последнем занятии изучаемых разделов с 7 по 8. Студенту дается задача. Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет и графическая часть выполнены верно – 12 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 10 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 8 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и графическая часть 	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>

	имеют грубые замечания – 4 балла; - задача не выполнена – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 12. Весовой коэффициент мероприятия - 12.	
Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-5	<p>Контрольное задание осуществляется на последнем занятии по разделу 9. Студенту дается задача. Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет и графическая часть выполнены верно – 12 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 10 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 8 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 4 балла; - задача не выполнена – 0 баллов. <p>Максимальное количество баллов – 12. Весовой коэффициент мероприятия - 12.</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося по дисциплине больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося по дисциплине менее 60 %</p>

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Мероприятие промежуточной аттестации в виде зачета (письменный опрос)	Вопросы к зачету.doc
Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-1	Контрольное задание-1.doc
Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-2	Контрольное задание-2.doc
Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-3	Контрольное задание-3.doc
Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-4	Контрольное задание-4.doc
Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-5	Контрольное задание-5.doc

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

a) основная литература:

1. Зенкевич, О. Конечные элементы и аппроксимация О. Зенкевич, К. Морган; Пер. с англ. Б. И. Кvasова; Под ред. Н. С. Бахвалова. - М.: Мир, 1986. - 318 с. ил.
2. Басов, К. А. ANSYS Текст справ. пользователя К. А. Басов. - 2-е изд., стер. - М.: ДМК-Пресс, 2012. - 639 с. ил.
3. Шуп, Т. Е. Прикладные численные методы в физике и технике Перевод с англ. С. Ю. Славянова; Под ред. С. П. Меркульева. - М.: Высшая школа, 1990. - 254 с. ил.

4. Кирьянов, Д. В. Mathcad 13 Наиболее полн. рук. Д. В. Кирьянов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2006. - X,590 с.

5. Сегерлинд, Л. Дж. Применение метода конечных элементов Пер. с англ. А. А. Шестакова; Под ред. Б. Е. Победри. - М.: Мир, 1979. - 392 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Рикардс, Р. Б. Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин Риж. политехн. ин-т. - Рига: Зинатне, 1988. - 284 с. ил.

2. Шуп, Т. Е. Решение инженерных задач на ЭВМ Практ. рук. Т. Е. Шуп; Перевод с англ. В. А. Хохрякова; Под ред. В. Б. Миногцева. - М.: Мир, 1982. - 235 с. ил.

3. Образцов, И. Ф. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов Учеб. пособие для авиац. вузов. - М.: Высшая школа, 1985. - 392 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Вестник ЮУрГУ, "Математическое моделирование и программирование"

2. Вестник ЮУрГУ, "Машиностроение"

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Варианты контрольных заданий

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

2. Варианты контрольных заданий

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Голованов, А.И. Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций. [Электронный ресурс] / А.И. Голованов, О.Н. Тюленева, А.Ф. Шигабутдинов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2006. — 389 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/50293 — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Дополнительная литература	Котович, А.В. Решение задач теории упругости методом конечных элементов. [Электронный ресурс] / А.В. Котович, И.В. Станкевич. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 106 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/52244 — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
3	Дополнительная	Темис, Ю.М. Расчет напряженно-	Электронно-	Интернет /

литература	деформированного состояния конструкций методом конечных элементов. [Электронный ресурс] / Ю.М. Темис, Х.Х. Азметов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 51 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/52253 — Загл. с экрана.	библиотечная система издательства Лань	Авторизованный
------------	--	--	----------------

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. PTC-MathCAD(бессрочно)
4. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	109 (2)	Класс вычислительной техники оснащенный современными ПК. Программное обеспечение: Microsoft Office, MathCad, ANSYS
Лекции	306 (2)	Проектор, компьютер.