




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

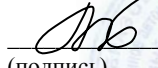
«СОГЛАСОВАНО»

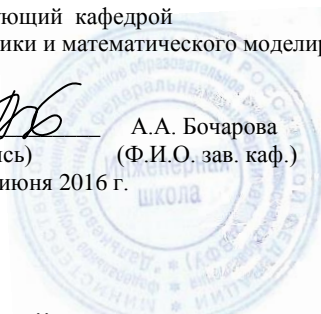
Руководитель ОП
«Прикладная механика»


(подпись) Г.П. Озерова
(Ф.И.О. рук.ОП)
«26» июня 2016 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой
Механики и математического моделирования


(подпись) А.А. Бочарова
(Ф.И.О. зав. каф.)
« 26 » июня 2016 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Теория упругости»

Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика

Профиль подготовки:

«Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов»

Форма подготовки очная

курс 4 семестр 7, 8
лекции 29 час.
практические занятия 29 час.
лабораторные работы 0 час.
всего часов аудиторной нагрузки 58 час.
в том числе с использованием МАО 0 час.
самостоятельная работа 122 час.
контрольные работы (количество) -
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен
зачет 7 семестр
экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 10.03.2016 № 12-13-391

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования, протокол № 9 от «23» июня 2016 г.

Заведующий кафедрой
Составитель

А.А. Бочарова
О.Н.Любимова

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация дисциплины

«Теория упругости»

Дисциплина «Теория упругости» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов» и является обязательной дисциплиной базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана (Б1.Б.28).

Трудоемкость дисциплины составляет 180 часов (5 зачетных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (29 часов), практические занятия (29 часов), и самостоятельная работа студентов (122 часа, из них 27 часов на экзамен). В 8-м семестре предусмотрено выполнение курсовой работы. Дисциплина реализуется на 4 курсе в 7,8 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет (7 семестр), экзамен (8 семестр).

Дисциплина «Теория упругости» логически связана с дисциплинами «Механика деформируемого твердого тела», «Основы теории пластичности и ползучести», «Математическое моделирование процессов механики».

Цель дисциплины: научить математической постановке задач теории упругости, анализу дифференциальных уравнений равновесия и движения и их решению, общим частным методам их интегрирования, основам тензорного исчисления.

Задачи дисциплины:

- ознакомить студентов с важнейшими разделами теории упругости и ее применением для решения практических задач;
- рассмотреть основные фундаментальные теоремы теории упругости, характеризующие присущие только этой теории особенности;
- продемонстрировать вытекающие из основных теорем методы и алгоритмы решения задач.

Для успешного изучения дисциплины «Теория упругости» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- владение навыками работы с различными источниками информации: книгами, учебниками, справочниками, Интернет;
- знание научных основ и закономерностей физических явлений;
- умение использования базового физико-математический аппарата;
- владение терминологией и навыками работы с тензорными объектами.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	знает	- основные понятия, принципы, положения и гипотезы теории упругости, - методы и практические приемы расчета стержней, плоских и объемных элементов конструкций на прочность, жёсткость и устойчивость при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях
	умеет	- грамотно составлять расчетные схемы, ставить граничные условия в двух- и трехмерных задачах, - определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения в стержнях, пластинах и объемных элементах конструкций.
	владеет	- определения напряженно-деформированного состояния стержней, плоских и пространственных элементов конструкций при различных воздействиях с помощью теоретических методов с использованием современной вычислительной техники, готовых программ;
ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе до-	Знает	- основы и основные уравнения классической теории упругости, ее возможности и ограничения, современное состояние и тенденции развития;

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
стижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям		- основные методы расчета при определении напряженно-деформированного состояния конструкций и их элементов, материал которых не выходит за пределы упругой области.
	Умеет	- проводить математическую постановку научно-технических задач в области прикладной механики для выполнения расчетов деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории упругости.
	Владеет	- навыками построения математических моделей решаемых задач, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям; - навыками расчетов и аналитическими методами прикладной механики.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Теория упругости» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: лекция-презентация, групповые консультации.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

(29 часов)

МОДУЛЬ 1. Понятия, определения, методы и средства решения задач теории упругости (16 часов)

Раздел I. Основные понятия теории упругости (8 часов)

Тема 1. Сведения из тензорного анализа (2 часа)

Тензоры в декартовом базисе. Лагранжева и эйлерова системы координат. Криволинейные координаты. Основной и взаимный базисы. Метрический тензор и его свойства. Определение тензора, действия над тензорами, операция жонглирования индексами. Инварианты тензора. Тензор Риччи, символы Кристоффеля. Дифференцирование тензорных полей и интегральные теоремы тензорного анализа.

Тема 2. Тензоры напряжений и деформации (2 часа)

Определение нелинейного тензора деформаций в произвольной криволинейной системе координат, вычисление тензора деформаций через компоненты вектора перемещений, линейный тензор деформации.

Главные направления и главные значения тензора деформаций. Инварианты тензора деформаций. Тензор скоростей деформаций. Условия совместности деформаций (принцип Сен-Венана).

Тема 3. Основы нелинейной теории упругости (4 часа)

Понятие деформации по Коши. Аффинор деформации, полярное разложение. Меры деформаций Коши, Альманси. Тензоры деформаций Грина и Альманси. Логарифмические тензоры деформаций Генки. Наложение деформаций.

Тензор истинных напряжений Коши. Лагранжево и смешанное описание напряженного состояния. Тензоры условных напряжений Пиолы—Кирхгофа первого и второго рода, “энергетический” тензор напряжений Ильюшина. Уравнения баланса в механике сплошной среды (локальная форма): уравнения неразрывности, первое и второе уравнения движения Коши. Представление уравнений движения через тензоры условных напряжений в лагранжевом описании.

Раздел II. Фундаментальные уравнения теории упругости (8 часов)

Тема 1. Закон Гука (2 часа)

Связь между тензором напряжений и тензором деформаций, закон Гука. Тожество Бетти. Упругий потенциал для линейного материала. Потенциал напряжения и деформаций.

Тема 2. Уравнения равновесия упругой среды (2 часа)

Уравнения равновесия в перемещениях (в форме Ляме). Уравнения равновесия и движения в компонентах напряжений. Зависимости Бельтрами-Мичелла. Условия совместности деформаций. Связь между напряженным и деформированным состояниями. Упругий потенциал. Формулы Грина. Дополнительная работа деформации. Формула Кастильяно. Свободная и внут-

ренная энергии.

Тема 3. Уравнения движения упругой среды (2 часа)

Закон сохранения количества движения, закон сохранения момента количества движения, закон сохранения массы. Баланс механической энергии - теорема "живых сил". Закон сохранения энергии при отсутствии тепловых явлений. Теорема Клапейрона.

Тема 4. Уравнения термоупругости (2 часа)

Классическое и обобщенное уравнения теплопроводности. Соотношения между деформациями, напряжениями и температурой. Общая постановка задачи линейной теории термоупругости. Связанная и несвязанная задачи.

Модуль 2. Задачи теории упругости (13 часов)

Раздел I. Решение задач теории упругости (8 часов)

Тема 1. Постановка задач теории упругости (1 час)

Полная система уравнений теории упругости. Прямая и обратная задачи. Полуобратный метод. Начальные и граничные условия. Формулировки трех типов краевых задач теории упругости. Принцип Сен - Венана. Теоремы единственности для стационарных и не стационарных задач теории упругости.

Тема 2. Плоская и осесимметричная задача теории упругости (2 часа)

Плоская деформация. Уравнения Ляме, условия совместности Сен - Венана. Плоское напряженное состояние. Обобщенное плоское напряженное состояние. Функция напряжений Эри. Краевые условия для функции напряжения Эри. Функция Эри в полярных координатах. Деформация полого круглого цилиндра под действием внешнего и внутреннего равномерных давлений. Задача о тонком вращающемся круглом диске. Изгиб кругового бруса. Антиплоская деформация.

Тема 3. Комплексное представление бигармонической функции(2 часа)

Формулы Колосова Г.В. и Мусхелишвили Н.И. Основные задачи плос-

кой теории упругости для функции комплексного переменного. Метод конформных отображений. Теорема Мориса Леви.

Тема 4. Теория распространения упругих волн (2 часа)

Теория распространения упругих волн. Теорема Пуассона. Плоские продольные волны. Плоские поперечные волны. Сферическая продольная волна. Продольный и поперечный потенциалы. Волны Лява. Волны Релея. Отражение волн.

Тема 5. Трехмерные статические задачи. (1 час)

Трехмерные статические задачи. Решения Кельвина и Буссинеска-Папковича. Элементарные решения Буссинеска I и II –го рода.

Раздел II. Специальные задачи (5 часов)

Тема 1. Контактные задачи теории упругости (2 часа)

Общая постановка контактной задачи. Граничные условия для контактных задач. Метод сопряжения кусочно голоморфных функций (метод задачи Римана - Гильберта). Давление на поверхность полубесконечного тела. Задача Герца о давлении двух соприкасающихся упругих тел.

Тема 2. Изгиб тонких плит (3 часа)

Изгиб тонких плит. Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины. Прямоугольная пластина при синусоидальной нагрузке. Изгиб круглой пластины.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (29 ЧАС.)

Практические занятия (29 часов.)

Занятие 1. Плоская задача теории упругости (2 часа)

1. Примеры плоской деформации.
2. Использование основных уравнений теории упругости.
3. Рассмотрение обобщенного плоского напряженного состояния.

Занятие 2. Решение плоской задачи в напряжениях для прямоугольных областей (4 часа)

1. Постановка задачи. Функция напряжений.
2. Решение в полиномах.

3. Решение задачи в общем случае нагружения.

Занятие 3. Решение плоской задачи в напряжениях для прямоугольных областей в тригонометрических рядах (2 часа)

1. Решение уравнения через гиперболические функции.
2. Нахождение значений констант из граничных условий.

Занятие 4. Решение плоской задачи в напряжениях для прямоугольных областей методом конечных разностей (4 часа)

1. Применение метода конечных разностей.
2. Рассмотрение указанной функции для плоской задачи.
3. Нахождение значений функции на контуре и за контуром.

Занятие 5. Уравнения плоской задачи теории упругости в прямоугольных координатах (4 часа)

1. Уравнения равновесия.
2. Уравнение неразрывности деформаций.
3. Пример. Расчет балки-стенки.

Занятие 6. Расчет балки-стенки методом сопротивления материалов (3 часа)

1. Определение изгибающего момента и поперечной силы в сечениях балки.
2. Применение гипотезы сопротивления материалов.
3. Проведение расчета и построение эпюр напряжений на торце балки.
4. Сравнение результатов расчетов теории упругости с решением сопротивления материалов.

Занятие 7. Плоская задача теории упругости в полярной системе координат (2 часа)

1. Уравнения плоской задачи теории упругости в полярных координатах.
2. Полярный радиус точки.

Занятие 8. Расчет бруса: криволинейного и клиновидного (4 часа)

1. Определение напряженного состояния бруса.

2. Построение эпюр напряжений.

3. Выполнение проверки, отвечает ли данное решение уравнениям плоской задачи теории упругости в полярной системе координат и граничным условиям конструкции.

4. Сравнение с решением сопротивления материалов аналогичной задачи.

Занятие 9. Кручение и изгиб призматических тел (4 часа)

1. Кручение призматического тела произвольного односвязного поперечного сечения. Мембранная аналогия.

2. Кручение эллиптического, треугольного и круглого профилей.

3. Изгиб призматического тела, закрепленного одним концом. Центр изгиба.

4. Изгиб призматического тела с эллиптическим поперечным сечением.

Лабораторные работы не предусмотрены.

I. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теория упругости» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

II. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые	Коды и этапы формирования	Оценочные средства - наименование
-------	----------------	---------------------------	-----------------------------------

	модули/ разделы / темы дисциплины	компетенций		текущий контроль	промежуточ ая аттестация
1	Понятия, определения , методы и средства решения задач теории упругости	ОПК-4, ПК-3	Знает - основные понятия, принципы, положения и гипотезы теории упругости, - методы и практические прие- мы расчета стержней, плоских и объемных элементов кон- струкций на прочность, жёст- кость и устойчивость при раз- личных силовых, деформаци- онных и температурных воз- действиях	Конспект (ПР-7)	Вопросы к экзамену 1-26
			Умеет - грамотно составлять расчет- ные схемы, ставить граничные условия в двух- и трехмерных задачах, - определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформа- ции и перемещения в стержнях, пластинах и объемных элемен- тах конструкций.	Тест (ПР-1)	Вопросы к экзамену 1-26
			Владеет - определения напряженно- деформированного состояния стержней, плоских и простран- ственных элементов конструк- ций при различных воздействи- ях с помощью теоретических методов с использованием со- временной вычислительной техники, готовых программ;	Разноуровневые задачи и задания (ПР-11)	Задачи тип I
2	Задачи теории упругости	ОПК-4, ПК-3	- основы и основные уравнения классической теории упру- гости, ее возможности и ограни- чения, современное состояние и тенденции развития; - основные методы расчета при определении напряженно- деформированного состояния конструкций и их элементов, материал которых не выходит за пределы упругой области.	Конспект (ПР-7)	Вопросы к экзамену 27-54
			- проводить математическую постановку научно- технических задач в области прикладной механики для вы- полнения расчетов деталей ма- шин и элементов конструкций на основе методов теории упру- гости.	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену 27-54
			- навыками построения матема- тических моделей решаемых задач, обладающих высокой степенью адекватности реаль-	Разноуровневые задачи и задания (ПР-11), Курсовая работа	Задачи тип II

			ным процессам, машинам и конструкциям; - навыками расчетов и аналитическими методами прикладной механики.	(ПР-5)	
--	--	--	--	--------	--

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

III. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Д. Подскребко. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Высшая школа, 2009. — 669 с.

<http://www.iprbookshop.ru/20141.html>

2.Ледовской И.В. Теория упругости. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И.В. Ледовской. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 48 с.

<http://www.iprbookshop.ru/19044.html>

3.Теория упругости. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И.В. Ледовской [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 83 с.

<http://www.iprbookshop.ru/19045.html>

4.Новожилов В.В. Теория упругости [Электронный ресурс]/ Новожилов В.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Политехника, 2012.— 409 с

<http://www.iprbookshop.ru/15914.htm>

Дополнительная литература

1. Бойко Л.А., Ксендзенко Л.С. Равновесие твердого и упругого тела. Уч. пособие. Вл-к. Изд-во ДВГТУ, 2008. 155 с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381431&theme=FEFU>
2. Беловицкий Е.М. Сопротивление материалов. Механика деформируемого твердого тела. Уч. пособие. Вл-к. Изд-во ТГЭУ, 2008. 92 с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:341339&theme=FEFU>
3. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. М.: Физматлит, 1975. 576с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:397103&theme=FEFU>
4. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности: учебное пособие. М.: Высшая школа, 1982. 264 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:411010&theme=FEFU>
5. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.Д. Подскребко. Электрон. текстовые данные. Минск: Вышэйшая школа, 2009. 669 с. 978-985-06-1373-8. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20141.html>
6. Рекач В.Г. Руководство к решению задач прикладной теории упругости: учебное пособие. М.: Высшая школа, 1973. 384 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:662367&theme=FEFU>
7. Сердобольский Л.А. Отражение и преломление плоских продольных волн: Конспект лекций по части 6 курса "Техническая механика и теория упругости". М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. 48 с.
<http://window.edu.ru/resource/320/46320>
8. Чекмарев Д.Т., Жидков А.В. Численное решение трехмерных динамических задач теории упругости на основе ажурной схемы МКЭ: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2010. 53 с. <http://window.edu.ru/resource/277/74277>

9. Ильюшин А.А., Ломакин В.А., Шмаков А.П. Задачи и упражнения по механике сплошной среды: учебное пособие для университетов. М.: Изд-во Московского университета, 1979. 200 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:65984&theme=FEFU>

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети
«Интернет»**

**Перечень информационных технологий
и программного обеспечения**

**IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ
ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины отводится 58 часов аудиторных занятий и 122 часа самостоятельной работы.

На практических занятиях преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующую литературу, просмотреть практикум с разобранными примерами. После выполнения задания, студент защищает его преподавателю в назначенное время.

**V. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДИСЦИПЛИНЫ**

Оборудование и материалы, используемые для проведения лекционных, практических занятий по дисциплине:

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем,
Extron SI 3CT LP (пара)

Врезной интерфейс с системой автоматического втягивания кабелей TLS
TAM 201 Standart III

Документ-камера Avervision CP355AF

ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716CCBA

Комплект удлинителей DVI по витой паре (передатчик/приёмник),
Extron DVI 201 Tx/Rx

Матричный коммутатор DVI 4x4. Extron DXP 44 DVI PRO

Микрофонная петличная радиосистема УВЧ диапазона Sennheiser EW
122 G3 в составе речевого приёмника EM 100 G3, передатчика SK 100 G3,
петличного микрофон ME 4 с ветрозащитой и антенн (2 шт.)

Мультимедийный проектор, Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen,
1280x800

Расширение для контроллера управления Extron IPL T CR48

Сетевая видеочамера Multipix MP-HD718

Сетевой контроллер управления Extron IPL T S4

Стойка металлическая для ЖК-дисплея У SMS Flatscreen FH T1450

Усилитель мощности, Extron XPA 2001-100V

Цифровой аудиопроцессор, Extron DMP 44 LC

Шкаф настенный 19" 7U, Abacom VSP-W960SG60

Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, 50 см черная кайма
сверху, размер рабочей области 236x147 см

Приложение 1 к рабочей программе учебной дисциплины



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Теория упругости»
Направление подготовки – 15.04.03 «Прикладная механика»
профиль «Математическое и компьютерное моделирование механических
систем и процессов»
Форма подготовки очная

Владивосток
2016

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№п/п, тема ра- боты	Дата/сроки вы- полнения	Вид СРС	Примерные нормы вре- мени на вы- полнение	Форма кон- троля
1.	6 неделя семестра	Подготовка к устному опросу и решению задач по разделу «Основные понятия теории упругости»	18 час.	УО-1, ПР-11
2.	12 неделя семестра	Подготовка к устному опросу и решению задач по разделу «Фундаментальные уравнения теории упругости»	18 час.	УО-1, ПР-11
3.	16 неделя семестра	Подготовка к устному опросу и решению задач по разделу «Решение задач теории упругости»	18 час.	УО-1, ПР-11
4.	17 неделя семестра	Подготовка к тесту	18 час.	ПР-1
5.	6 неделя семестра	Подготовка к устному опросу и решению задач по разделу «Решение задач теории упругости»	3 час.	УО-1, ПР-11
6.	6 неделя семестра	Выполнение курсовой работы	17 час.	ПР-5

7.	11 неделя семестра	Подготовка к устному опросу и решению задач по разделу «Специальные задачи»	3 час.	УО-1, ПР-11
8.	Экзаменационная сессия	Подготовка к экзамену	27 час.	Экзамен
Итого:			122 час.	

Разноуровневые задачи и задания

Разноуровневые задачи и задания решаются на практических занятиях во время изучения соответствующего раздела курса. Типовые разноуровневые задачи и задания приведены в Приложении 2.

Устные опросы

Устные опросы осуществляется преподавателем по завершению изучения каждого раздела. Вопросы приведены в Приложении 2. Для подготовки используется основная и дополнительная литература по дисциплине «Теория упругости».

Вопросы, возникающие в процессе подготовки, студент может задать преподавателю на консультациях.

Тестирование

Тестирование осуществляется на занятии в письменной форме.

Курсовая работа

Задания на курсовую работу приведены в Приложении 2. Для подготовки используется основная и дополнительная литература по дисциплине «Теория упругости».

Требования к представлению и оформлению курсовой работы

Курсовую работу студент выполняет в виде письменного отчета.

Материал в представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- текст задания на курсовую работу;
- материал по теме курсовой работы;

- список использованных источников.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает подготовку к устным опросам, тесту, подготовку к зачету и экзамену, курсовую работу. Критерии оценки каждого вида работы приведены в приложении 2.

Приложение 2 к рабочей программе учебной дисциплины



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Теория упругости»
Направление подготовки – 15.03.03 «Прикладная механика»
профиль «Математическое и компьютерное моделирование механических
систем и процессов»
Форма подготовки очная

Владивосток
2016

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Теория упругости» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Теория упругости» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, теста) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Теория упругости» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Теория упругости» предусмотрен зачет/экзамен, которые проводятся в устной форме.

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ОПК-4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности</p>	знает	- основные понятия, принципы, положения и гипотезы теории упругости, - методы и практические приемы расчета стержней, плоских и объемных элементов конструкций на прочность, жёсткость и устойчивость при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях
	умеет	- грамотно составлять расчетные схемы, ставить граничные условия в двух- и трехмерных задачах, - определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения в стержнях, пластинах и объемных элементах конструкций.
	владеет	- определения напряженно-деформированного состояния стержней, плоских и пространственных элементов конструкций при различных воздействиях с помощью теоретических методов с использованием современной вычислительной техники, готовых программ;
<p>ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям</p>	Знает	- основы и основные уравнения классической теории упругости, ее возможности и ограничения, современное состояние и тенденции развития; - основные методы расчета при определении напряженно-деформированного состояния конструкций и их элементов, материал которых не выходит за пределы упругой области.
	Умеет	- проводить математическую постановку научно-технических задач в области прикладной механики для выполнения расчетов деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории упругости.
	Владеет	- навыками построения математических моделей решаемых задач, обладающих высокой степенью адек-

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
	<p>ватности реальным процессам, машинам и конструкциям;</p> <p>- навыками расчетов и аналитическими методами прикладной механики.</p>

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Понятия, определения, методы и средства решения задач теории упругости	ОПК-4, ПК-3	Знает - основные понятия, принципы, положения и гипотезы теории упругости, - методы и практические приемы расчета стержней, плоских и объемных элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях	Конспект (ПР-7)	Вопросы к экзамену 1-26
			Умеет - грамотно составлять расчетные схемы, ставить граничные условия в двух- и трехмерных задачах, - определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения в стержнях, пластинах и объемных элементах конструкций.	Тест (ПР-1)	Вопросы к экзамену 1-26
			Владеет - определения напряженно-деформированного состояния стержней, плоских и пространственных элементов конструкций при различных воздействиях с помощью теоретических методов с использованием современной вычислительной техники, готовых программ;	Разноуровневые задачи и задания (ПР-11)	Задачи тип I
2	Задачи теории упругости	ОПК-4, ПК-3	- основы и основные уравнения классической теории упругости, ее возможности и ограничения, современное состояние и тенденции развития; - основные методы расчета при определении напряженно-деформированного состояния конструкций и их элементов, материал которых не выходит	Конспект (ПР-7)	Вопросы к экзамену 27-54

			за пределы упругой области.		
			- проводить математическую постановку научно-технических задач в области прикладной механики для выполнения расчетов деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории упругости.	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену 27-54
			- навыками построения математических моделей решаемых задач, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям; - навыками расчетов и аналитическими методами прикладной механики.	Разноуровневые задачи и задания (ПР-11), Курсовая работа (ПР-5)	Задачи тип II

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОПК-4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	знает	- основные понятия, принципы, положения и гипотезы теории упругости, - методы и практические приемы расчета стержней, плоских и объемных элементов конструкций на прочность, жёсткость и устойчивость при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях	- знание различных уровней знания (базовый, новый, фактический, производственно-прикладной); - знание основных тенденции развития техники и технологий в области профессиональной деятельности; - знание критерий сравнения эффективности в области техники и технологии	- способность дать определение основных понятий базового, нового, фактического, производственно-прикладного уровней знаний; - способность сформулировать основные тенденции развития техники и технологий в области профессиональной деятельности; - способность описывать и применять критерии сравнения эффективности в области техники и технологии	61-75
	умеет	- грамотно составлять расчетные схемы, ставить граничные усло-	- умение подбирать научно-техническую информацию о современных достижениях развития техни-	- способность подбирать и анализировать научно-техническую информацию о современных достижениях развития тех-	76-85

		<p>вия в двух- и трехмерных задачах,</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения в стержнях, пластинах и объемных элементах конструкций. 	<p>ки и технологии в области профессиональной деятельности;</p> <ul style="list-style-type: none"> - умение выбирать прогрессивные и эффективные достижения техники и технологии в области профессиональной деятельности. 	<p>ники и технологии в области профессиональной деятельности, в том числе и с применением информационных и компьютерных технологий;</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет выбирать прогрессивные и эффективные достижения техники и технологии в области профессиональной деятельности. 	
	владеет	<ul style="list-style-type: none"> - определения напряженно-деформированного состояния стержней, плоских и пространственных элементов конструкций при различных воздействиях с помощью теоретических методов с использованием современной вычислительной техники, готовых программ; 	<ul style="list-style-type: none"> - владение навыками работы с современными источниками научно-технической информации в области профессиональной деятельности; - владение навыками анализа тенденций развития техники и технологии в области профессиональной деятельности. 	<ul style="list-style-type: none"> - способность свободно работать с современными источниками научно-технической информации в области профессиональной деятельности; - способность анализа тенденций развития техники и технологии в области профессиональной деятельности. 	86-100
<p>ПК-3</p> <p>готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моде-</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - основы и основные уравнения классической теории упругости, ее возможности и ограничения, современное состояние и тенденции развития; - основные методы расчета при определении напряженно-деформированного состояния конструкций и их элементов, материал которых не выходит за 	<ul style="list-style-type: none"> - знание основных методов реализации научно-исследовательской деятельности, в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям; - знание методик и критериев оценки адекватности резуль- 	<ul style="list-style-type: none"> - способность рассказать об основных методах реализации научно-исследовательской деятельности в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям; методиках и критериях оценки адекватности результатов научно-исследовательской работы на предмет адекватности реальным процес- 	61-75

лей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям		пределы упругой области.	татов научно-исследовательской работы на предмет адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям.	сам, машинам и конструкциям.	
	Умеет	- проводить математическую постановку научно-технических задач в области прикладной механики для выполнения расчетов деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории упругости.	- умение применять базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования в задачах теории упругости; - умение оценивать результаты научно-исследовательской работы на предмет адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям.	- способность применять базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования в задачах теории упругости; - способность оценивать результаты научно-исследовательской работы на предмет адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям.	76-85
	Владеет	- навыками построения математических моделей решаемых задач, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям; - навыками расчетов и аналитическими методами прикладной механики.	- владение навыками теоретического и численного анализа прикладных задач теории упругости с учетом потребностей промышленности; - владение навыками ставить задачи теории упругости, выбирать адекватные способы и методы их решения, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты.	- способность теоретически и численно анализировать прикладные задачи теории упругости; - способность ставить задачи теории упругости, выбирать адекватные способы и методы их решения, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты.	86-100

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к зачёту

1. Основной и взаимный базисы.
2. Метрический тензор и его свойства.
3. Определение скаляра, вектора и тензора.

4. Действия над тензорами.
5. Операции жонглирования индексами.
6. Скалярное и векторное умножение тензоров.
7. Тензор Риччи.
8. Дифференцирование тензоров по координатам.
9. Символы Кристоффеля.
10. Оператор Гамильтона, градиент, дивергенция ротор тензора.
11. Описание движения с позиций Лагранжа и Эйлера.
12. Тензор деформаций в различных системах координат.
13. Уравнения совместности деформаций (условия Сен- Венана).
14. Тензор напряжений в различных системах координат.
15. Инварианты тензора деформаций и напряжений.
16. Тензор скоростей деформаций.
17. Уравнения движения и уравнения равновесия упругой среды.
18. Связь между напряжениями и деформациями. Закон Гука.
19. Теорема взаимности Бетти.
20. Теоремы существования и единственности для задач теории упругости.
21. Уравнения упругого равновесия и движения в различных системах координат.
22. Уравнения равновесия в перемещениях (уравнения Ляме).
23. Уравнения в компонентах напряжений. Уравнения Бельтрами - Митчелла.
24. Принцип Сен - Венана.
25. Интеграл энергии для уравнения движения упругого тела.
26. Теорема Клайперона.

Принцип составления билета на зачет

В билет входит два теоретических вопроса. Таблица для составления билетов на зачет по фонду оценочных средств:

Номер во-	Билет
-----------	-------

проса	
1	вопросы 1 – 13
2	вопросы 14 – 27

**Критерии выставления оценки студенту на зачете
по дисциплине «Теория упругости»:**

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
61-100	«зачтено»	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он твердо знает программный материал по теории упругости, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, справляется с задачами, вопросами, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, связанных с профессиональной деятельностью в области механики.
0-60	«не зачтено»	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала по теории упругости, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы по механике. Оценка «незачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы к экзамену

1. Основной и взаимный базисы.
2. Метрический тензор и его свойства.
3. Определение скаляра, вектора и тензора.
4. Действия над тензорами.
5. Операции жонглирования индексами.
6. Скалярное и векторное умножение тензоров.
7. Тензор Риччи.
8. Дифференцирование тензоров по координатам.
9. Символы Кристоффеля.
10. Оператор Гамильтона, градиент, дивергенция ротор тензора.
11. Описание движения с позиций Лагранжа и Эйлера.
12. Тензор деформаций в различных системах координат.

13. Уравнения совместности деформаций (условия Сен-Венана).
14. Тензор напряжений в различных системах координат.
15. Инварианты тензора деформаций и напряжений.
16. Тензор скоростей деформаций.
17. Уравнения движения и уравнения равновесия упругой среды.
18. Связь между напряжениями и деформациями. Закон Гука.
19. Теорема взаимности Бетти.
20. Теоремы существования и единственности для задач теории упругости.
21. Уравнения упругого равновесия и движения в различных системах координат.
22. Уравнения равновесия в перемещениях (уравнения Ляме).
23. Уравнения в компонентах напряжений. Уравнения Бельтрами - Митчелла.
24. Принцип Сен - Венана.
25. Интеграл энергии для уравнения движения упругого тела.
26. Теорема Клайперона.
27. Задача о растяжении (сжатии) бруса.
28. Задача о растяжении цилиндра под действием собственного веса.
29. Задача о кручении круглого призматического бруса.
30. Задача об изгибе балки цилиндрического сечения.
31. Плоская деформация.
32. Плоское напряженное состояние.
33. Обобщенное плоское напряженное состояние.
34. Примеры решения плоских задач теории упругости.
35. Функция напряжений Эри. Уравнения равновесия и краевые условия для функции Эри.
36. Уравнения равновесия и краевые условия для функции Эри в полярных координатах.
37. Антиплоская деформация.

38. Запись уравнения равновесия и краевых условий в комплексных переменных.
39. Бесконечная плоскость, деформируемая под действием массовых сил. Действие сосредоточенной массовой силы.
40. Решение бигармонического уравнения для невесомой плоскости.
41. Изгиб тонких пластин. Уравнение Софи Жермен.
42. Краевые условия для пластин.
43. Решение задачи изгиба пластин в декартовых координатах с краевыми условиями шарнирной опоры по всему контуру.
44. Решение задачи изгиба пластин в декартовых координатах с краевыми условиями шарнирной опоры по двум противоположным сторонам.
45. Симметричный изгиб круглых пластин. Краевые условия.
46. Вывод интегральных уравнений теории упругости.
47. Фундаментальные решения уравнений теории упругости.
48. Решение Кельвина пространственной задачи теории упругости.
49. Решение Буссинеска первого и второго родов.
50. Давление на поверхность полубесконечного тела.
51. Продольные и поперечные волны.
52. Поверхностные волны Рэлея, Лява.
53. Сферическая продольная волна.
54. Отражение волн.

Перечень типовых экзаменационных задач

На экзамен выносятся две задачи, соответствующие каждому из модулей курса. Примеры решения типовых задач рассматриваются на практических занятиях.

Примеры типовых задач по разделу «Понятия, определения, методы и средства решения задач теории упругости» (тип I)

1. Относительно материальных осей ξ_i и пространственных осей x_i задано поле перемещений

$$x_1 = 5\xi_1, \quad x_2 = \xi_2 + 2\xi_3, \quad x_3 = \xi_3 + 2\xi_2.$$

Определить компоненты вектора перемещения в материальной и пространственной форме (в лагранжевых и эйлеровых переменных).

2. В некотором изотропном теле задан вектор перемещения

$$\bar{u} = 3yz\bar{e}_1 - 8xz\bar{e}_2 + 5x^3y^2\bar{e}_3.$$

Определить напряжения, возникающие в теле, и потенциальную энергию.

3. Линейная (малая) деформация задана соотношениями

$$u_1 = 4x_1 - x_2 + 3x_3, \quad u_2 = x_1 + 7x_2, \quad u_3 = -3x_1 + 4x_2 + 4x_3.$$

Найти для такой деформации главные деформации (удлинения) и главные значения девиатора деформаций.

4. Для стационарного поля скоростей

$$v_1 = x_1^2x_2 + x_2^3, \quad v_2 = -x_1^3 - x_1x_2^3, \quad v_3 = 0.$$

Найти главные значения тензора скоростей деформаций в произвольной точке.

5. Тензор напряжения в точке P имеет вид

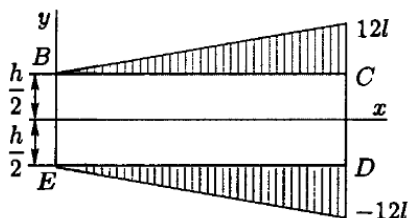
Определить максимальное касательное напряжение.

6. Доказать, что лагранжева форма $\rho_0 = \rho J$ уравнения неразрывности и эйле-

рова его форма $\frac{d\rho}{dt} + \rho \frac{\partial v_k}{\partial x_k} = 0$ эквивалентны.

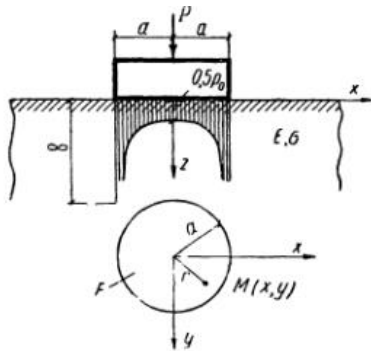
Примеры типовых задач по разделу «Задачи теории упругости» (тип II)

1. Исследовать, какой внешней нагрузке на краях пластины соответствует функция напряжений Эри: $\Phi(x, y) = 2x^3$, $L = 20h$.



2. Проверить пригодность функции напряжений $\Phi(x, y) = ax^3 + bx^2y^2 + cy^4$ для решения плоской задачи теории упругости; внести соответствующие коррективы, если функция окажется непригодной, и записать ее окончательный вид.

3. Стержень эллиптического сечения $f(x, y) = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0$ скручивается моментом M_z . Исследовать напряженное состояние стержня.
4. Определить напряженное состояние, возникающее в упругом полупространстве $z \geq 0$ под штампом, имеющим форму круга радиуса a , весом P .



Образец экзаменационного билета

1. Тензор скоростей деформаций.
2. Изгиб тонких пластин. Уравнение Софи Жермен.
3. Линейная (малая) деформация задана соотношениями

$$u_1 = 4x_1 - x_2 + 3x_3, \quad u_2 = x_1 + 7x_2, \quad u_3 = -3x_1 + 4x_2 + 4x_3.$$

Найти для такой деформации главные деформации (удлинения) и главные значения дивергента деформаций.

4. Стержень эллиптического сечения $f(x, y) = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0$ скручивается моментом M_z . Исследовать напряженное состояние стержня.

Принцип составления билета на экзамен

В билет входит два теоретических вопроса и задача. Таблица для составления билетов на зачет по фонду оценочных средств:

Номер вопроса	Билет
1	Вопросы 1 – 26
2	Вопросы 27 – 54
3	Задача типа I
4	Задача типа II

Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

«Теория упругости»

Баллы (рей-	Оценка экза-	Требования к сформированным компетенциям
-------------	--------------	--

тинговой оценки)	мена (стандартная)	
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал по «Теории упругости»; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал по «Теории упругости», грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала в области «Теория упругости», но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала по «Теории упругости», допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Оценочные средства для текущей аттестации

Перечень тем «Конспекта» соответствует темам лекционных и практических занятий.

Критерии оценки конспекта:

- ✓ 100-85 баллов – есть подробный конспект всех лекционных и практических занятий, разобраны все дополнительные необязательные вопросы.
- ✓ 85-76 баллов – есть краткий конспект всех лекционных и практических занятий.
- ✓ 75-61 балл – есть неполный конспект лекционных и практических занятий, в котором отсутствует несколько тем.
- ✓ 60-50 баллов – есть неполный конспект лекционных и практических занятий, в котором отсутствует более половины тем.

Тестовые задания по дисциплине «Теория упругости»

Каждому студенту выдается тест, в который входит 36 вопросов. В тесте реализованы следующие типы тестовых заданий:

- выбор одного варианта ответа.

1. Метрический тензор - это произведение базисных векторов:

- 1) скалярное;
- 2) векторное;
- 3) смешанное.

2. Матрица метрического тензора:

- 1) треугольная;
- 2) диагональная;
- 3) несимметричная.

3. Компоненты метрического тензора являются:

- 1) символами Кронекера;
- 2) главными напряжениями;
- 3) главными деформациями.

4. Символы Кронекера:

$$1) \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

$$2) \bar{T}_{-n} = -\bar{T}_n,$$

$$3) T_n^2 = \sigma_n^2 + \tau_n^2,$$

5. Символы Кронекера δ_{ij} при $i=j$ равны:

- 1) единице;
- 2) нулю;
- 3) бесконечности;
- 4) числу осей координат.

6. Количество независимых компонент тензора напряжений:

- 1) три;
- 2) шесть;
- 3) девять.

7. Количество независимых компонент тензора деформаций:

- 1) три;
- 2) шесть;
- 3) девять.

8. На главных площадках тензора равны нулю напряжения:

- 1) нормальные;
- 2) касательные;
- 3) и те, и другие.

9. В главных осях тензора напряжений экстремальны напряжения:

- 1) нормальные;
- 2) касательные;
- 3) октаэдрические.

10. Октаэдрические площадки равно наклонены:

- 1) к осям координат;
- 2) к главным осям;
- 3) к первой и третьей главным осям.

11. На косых площадках компоненты тензора напряжений:

$$1) p_{in} = \sigma_{ij} n_j;$$

$$2) e_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}),$$

$$3) \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}.$$

12. Максимальные касательные напряжения:

$$1) \tau_{\max} = \frac{1}{3} \left((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right)^{\frac{1}{2}};$$

$$2) \tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3);$$

$$3) \tau_{\max} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}.$$

13. Вековое уравнение для главных напряжений:

$$1) \sigma^3 - I_1 \sigma^2 + I_2 \sigma - I_3 = 0,$$

$$2) \sigma_{ij,j} + \rho f_i = 0,$$

$$3) \sigma - \frac{1}{3}(\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}) = 0$$

14. Инвариантами тензора напряжений называются коэффициенты:

1) E, G, ν в обобщенном законе Гука,

2) λ, μ в законе Гука в форме Ляме,

3) I_1, I_2, I_3 кубического уравнения, не зависящего от выбора системы

координат

15. Уравнения равновесия:

$$1) \sigma^3 - I_1 \sigma^2 + I_2 \sigma - I_3 = 0,$$

$$2) \sigma_{ij,j} + \rho f_i = 0,$$

$$3) \bar{T}_{-n} = -\bar{T}_n,$$

16. Граничные условия задаются:

1) внутри тела;

2) на границе тела;

3) везде.

17. Инварианты тензора напряжений сохраняются при замене:

- 1) системы координат;
- 2) нагрузки;
- 3) граничных условий.

18. Инварианты тензора деформаций сохраняются при замене:

- 1) системы координат;
- 2) нагрузки;
- 3) граничных условий.

19. Первый инвариант тензора напряжений:

- 1) $I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$;
- 2) $I_1 = \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3$;
- 3) $I_1 = \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2 \sigma_3 + \sigma_3 \sigma_1$.

20. Второй инвариант тензора напряжений:

- 1) $I_2 = \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3$;
- 2) $I_2 = \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2 \sigma_3 + \sigma_3 \sigma_1$;
- 3) $I_2 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$.

21. Третий инвариант тензора напряжений:

- 1) $I_3 = \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3$;
- 2) $I_3 = \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2 \sigma_3 + \sigma_3 \sigma_1$;
- 3) $I_3 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$.

22. Первый инвариант тензора деформаций:

- 1) $J_1 = e_1 e_2 e_3$;
- 2) $J_1 = e_1 e_2 + e_2 e_3 + e_3 e_1$;
- 3) $J_1 = e_1 + e_2 + e_3$.

23. Второй инвариант тензора деформаций:

- 1) $J_2 = e_1 e_2 e_3$;
- 2) $J_2 = e_1 e_2 + e_2 e_3 + e_3 e_1$;
- 3) $J_3 = e_1 + e_2 + e_3$.

24. Третий инвариант тензора деформаций:

- 1) $J_3 = e_1 e_2 e_3$;
- 2) $J_3 = e_1 e_2 + e_2 e_3 + e_3 e_1$;
- 3) $J_3 = e_1 + e_2 + e_3$.

25. Величина объемной деформации:

- 1) $\theta = e_1 e_2 + e_2 e_3 + e_3 e_1$;
- 2) $\theta = e_1 e_2 e_3$;
- 3) $\theta = e_1 + e_2 + e_3$.

26. В главных осях тензора деформаций линейные деформации:

- 1) равны нулю;
- 2) экстремальны;
- 3) совпадают с октаэдрическими.

27. Главные оси тензоров напряжений и упругих деформаций:

- 1) совпадают;
- 2) взаимно перпендикулярны;
- 3) составляют угол 45° .

28. Девиатор тензора напряжений:

- 1) $s_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma \delta_{ij}$;
- 2) $\sigma = \frac{1}{3}(\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33})$;
- 3) $I_3 = \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2 \sigma_3 + \sigma_3 \sigma_1$.

29. Шаровая часть тензора напряжений:

- 1) $s_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma \delta_{ij}$;
- 2) $\sigma = \frac{1}{3}(\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33})$;
- 3) $I_3 = \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2 \sigma_3 + \sigma_3 \sigma_1$.

30. Шаровая часть тензора напряжений характеризует:

- 1) равномерное всестороннее растяжение (сжатие);
- 2) сдвиг;
- 3) изгиб.

31. Девиаторная часть тензора напряжений характеризует

- 1) равномерное всестороннее растяжение (сжатие);
- 2) сдвиг;
- 3) изгиб.

32. Уравнения совместности деформаций:

$$1) \gamma_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i} + u_{k,i}u_{k,j});$$

$$2) e_{ii,jj} + e_{jj,ii} - 2e_{ij,ij} = 0, \quad (e_{ij,k} - e_{jk,i} + e_{ki,j})_i - e_{ii,jk} = 0;$$

$$3) e = \frac{1}{3}(e_{11} + e_{22} + e_{33});$$

33. Обобщенный закон Гука для изотропного тела:

$$1) \sigma_{ij} = 2\mu e_{ij} + \lambda\theta\delta_{ij};$$

$$2) e_{ii,jj} + e_{jj,ii} - 2e_{ij,ij} = 0;$$

$$4) \sigma_{ij} = C_{ijkl}e_{kl};$$

$$3) A = \frac{1}{2}\sigma_{ij}e_{ij}.$$

34. Обобщенный закон Гука для анизотропного тела:

$$1) \sigma_{ij} = 2\mu e_{ij} + \lambda\theta\delta_{ij};$$

$$2) e_{ii,jj} + e_{jj,ii} - 2e_{ij,ij} = 0;$$

$$4) \sigma_{ij} = C_{ijkl}e_{kl};$$

$$3) A = \frac{1}{2}\sigma_{ij}e_{ij}.$$

35. Уравнения Ламе — уравнения равновесия в:

- 1) напряжениях;
- 2) деформациях;
- 3) перемещениях.

36. Уравнения Бельтрами-Мичелла — это уравнения равновесия в:

- 1) напряжениях;
- 2) деформациях;
- 3) перемещениях.

Критерии оценки теста, состоящего из 36 вопросов

- ✓ 20-36 баллов – считается, что тест пройден.
- ✓ 0-19 баллов – тест не засчитывается

Вопросы для собеседований по дисциплине «Теория упругости»

1. Какие задачи теории упругости называются простейшими? Приведите примеры простейших задач.
2. Сформулируйте принцип Сен-Венана и приведите примеры его применения.
3. Укажите три типа граничных условий на поверхности тела.
4. Какая разница между плоской деформацией и обобщенным плоским напряженным состоянием? Напишите основные уравнения для обоих видов плоской задачи.
5. Какая функция называется бигармонической?
6. Каким требованиям должна удовлетворять функция напряжений (функция Эри)?
7. Чему равна наивысшая степень полинома, при которой тождественно удовлетворяется бигармоническое уравнение плоской задачи?
8. Полиному какой степени соответствует однородное напряженное состояние?
9. Какие Вы знаете методы решения плоской задачи для прямоугольных областей?
10. В каком виде принимается функция напряжений Φ при решении задачи о напряженном состоянии треугольной стенки, нагруженной гидростатическим давлением?
11. В чем преимущество применения тригонометрических рядов вместо полиномов для функции напряжений Φ при решении плоской задачи?
12. Какие напряжения равны нулю в осесимметричных задачах?
13. Дайте определение понятия «пластина».
14. На какие классы можно разделить тонкие пластины в зависимости от характера напряженного состояния?
15. Дайте определение понятия «срединная плоскость».
16. Дайте определение понятия «прогиб» срединной плоскости пластины.
17. Перечислите допущения (гипотезы) Кирхгофа.
18. Что дают введение срединной плоскости и использование допущений Кирхгофа с точки зрения размерности задачи об изгибе пластины?
19. Перечислите внутренние усилия, возникающие в пластине при изгибе.
20. Какое дифференциальное уравнение описывает изгиб тонкой жёсткой пластины? Дайте ему характеристику.

21. Перечислите типы граничных геометрических условий на контуре пластины.

22. Что называется цилиндрической жесткостью пластины?

23. В чем особенности теории гибких пластин малого изгиба Сен-Венана?

24. В чем особенности теории абсолютно гибких пластин (мембран)?

25. Сколько граничных условий для каждого края пластины должно быть установлено в случае изгиба пластин: а) жестких, б) гибких?

26. Как записать граничные условия для свободно опертой на жесткий контур пластины?

27. Как записать граничные условия для жестко защемленного контура пластины?

28. Как выражаются деформации и кривизны через перемещения в случае осесимметричного изгиба круглых пластин?

29. Как записывается уравнение равновесия осесимметричного изгиба круглых жестких пластин через перемещения?

30. Какой вид имеют граничные условия в случае осесимметричного изгиба круглых пластин?

31. Как влияет закрепление кромок на максимальные величины прогиба и изгибающего момента?

32. При каком нагружении прямоугольной пластины имеет место чистый изгиб?

33. В чем состоит идея М. Леви решения задачи изгиба пластин, две стороны которых свободно оперты, а остальные имеют произвольные условия опирания?

34. Чему равен прогиб в центре круглой пластины, свободно опертой по контуру?

35. Чему равен прогиб в центре круглой пластины, защемленной по контуру?

36. Какая из пластин, свободно опертая или защемленная, будет иметь большие изгибающие моменты при одинаковых размерах и нагрузке?

Критерии оценки устного опроса:

✓ 100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных положений изучаемого раздела теории упругости, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное вла-

дение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных положений изучаемого раздела теории упругости, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 - балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании основных положений изучаемого раздела теории упругости, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов - ответ, обнаруживающий незнание основных положений изучаемого раздела теории упругости, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, сформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Перечень разноуровневых задач и заданий соответствует типовым экзаменационным задачам.

Критерии оценки решения разноуровневых задач и заданий:

✓ 100-85 баллов – студент без помощи преподавателя строит решение предложенных заданий по новой тематике.

✓ 85-76 баллов – студент с помощью преподавателя строит решение предложенных заданий по новой тематике.

✓ 75-61 балл – студент без помощи преподавателя строит решение предложенных заданий по разобранному шаблону.

✓ 60-50 баллов – студент с помощью преподавателя строит решение предложенных заданий по разобранному шаблону.

**Задание на курсовую работу по дисциплине «Теория упругости»:
«Исследование напряженно-деформированного состояния в точке»**

Курсовая работа состоит из двух заданий общих для всех студентов. Вариант задания соответствует порядковому номеру студента в зачетной ведомости.

Задание I

- 1) Задано поле перемещений в лагранжевой системе координат, являющейся в начальный момент декартовой прямоугольной. Определить
 - a) Тензоры деформаций Грина, малых деформаций Коши, вращений Коши.
 - b) Относительные изменения длин линейных элементов, до деформации параллельных осей координат
 - c) Главные компоненты тензора деформаций Коши и главные оси деформаций.
 - d) Инварианты тензора деформаций Грина.
 - e) Шаровой тензор и девиатор тензора деформаций Грина.
 - f) Интенсивность линейных деформаций, интенсивность деформаций сдвига.
 - g) Скорость деформаций, интенсивность скоростей деформаций.
 - h) Проверить условия сплошности.
- 2) Дан тензор напряжений. Определить
 - a) Главные напряжения, направление главных осей тензора напряжений.
 - b) Экстремальные касательные напряжения.
 - c) Шаровой тензор и девиатор тензора напряжений.

- д) Интенсивность напряжений, интенсивность касательных напряжений.
- е) Для площадки, заданной вектором нормали \bar{n} , найти компоненты полного напряжения, величины нормального и касательного напряжения, угол между напряжением и нормалью к площадке.

Варианты заданий:

1	$u_1 = (\xi_1 + 3\xi_3)e^t,$ $u_2 = (-2\xi_1 + \xi_3)e^t,$ $u_3 = (-3\xi_1 + \xi_2 + \xi_3)e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 10^6 & 3 \cdot 10^6 & -2 \cdot 10^6 \\ 3 \cdot 10^6 & 1 \cdot 10^6 & -2 \cdot 10^6 \\ -2 \cdot 10^6 & -2 \cdot 10^6 & 6 \cdot 10^6 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(\frac{2}{3}, -\frac{2}{3}, \frac{1}{3} \right)$
2	$u_1 = (\xi_1 - 2\xi_2 + 4\xi_3)e^t,$ $u_2 = (-2\xi_1 + 6\xi_2 - 4\xi_3)e^t,$ $u_3 = (2\xi_1 + \xi_3)e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 5 \cdot 10^6 & -10^6 & -10^6 \\ -10^6 & 4 \cdot 10^6 & 0 \\ -10^6 & 0 & 4 \cdot 10^6 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}}, 0 \right)$
3	$u_1 = 4\xi_1e^t,$ $u_2 = (-2\xi_1 + 5\xi_2 - \xi_3)e^t,$ $u_3 = (-\xi_2 + 4\xi_3)e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 7 \cdot 10^6 & 0 & -2 \cdot 10^6 \\ 0 & 5 \cdot 10^6 & 0 \\ -2 \cdot 10^6 & 0 & 4 \cdot 10^6 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(\frac{1}{3}, \frac{\sqrt{8}}{3}, 0 \right)$
4	$u_1 = (5\xi_1 + 2\xi_2)e^t,$ $u_2 = (-2\xi_1 + 4\xi_2)e^t,$ $u_3 = (-4\xi_2 + 7\xi_3)e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 10^6 & 2 \cdot 10^6 & 0 \\ 2 \cdot 10^6 & 3 \cdot 10^6 & 5 \cdot 10^6 \\ 0 \cdot 10^6 & 5 \cdot 10^6 & 10^6 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(\frac{2}{3}, \frac{2}{3}, -\frac{1}{3} \right)$
5	$u_1 = (2\xi_1 + 12\xi_2)e^t,$ $u_2 = (2\xi_2 - 8\xi_3)e^t,$ $u_3 = (-8\xi_1 + 12\xi_3)e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 3 \cdot 10^6 & 10^6 & 10^6 \\ 10^6 & 0 & 2 \cdot 10^6 \\ 10^6 & 2 \cdot 10^6 & 0 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(0, \frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$
6	$u_1 = 8\xi_1e^t,$ $u_2 = (6\xi_2 - 8\xi_3)e^t,$ $u_3 = (2\xi_2 + 6\xi_3)e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 6 \cdot 10^6 & -3 \cdot 10^6 & 0 \\ -3 \cdot 10^6 & 6 \cdot 10^6 & 0 \\ 0 & 0 & 8 \cdot 10^6 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(\frac{1}{3}, 0, -\frac{\sqrt{8}}{3} \right)$
7	$u_1 = \xi_1e^t,$ $u_2 = \left(\frac{2}{3}\xi_1 + \frac{4}{3}\xi_3 \right) e^t,$ $u_3 = \frac{2}{3}\xi_1e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 10 \cdot 10^6 & -6 \cdot 10^6 & 0 \\ -6 \cdot 10^6 & 10 \cdot 10^6 & 0 \\ 0 & 0 & 10^6 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(0, -\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$
8	$u_1 = (10\xi_1 - 10\xi_3)e^t,$ $u_2 = 10\xi_2e^t,$ $u_3 = (-2\xi_1 + \xi_3)e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 3 \cdot 10^6 & -10 \cdot 10^6 & 0 \\ -10 \cdot 10^6 & 0 & 30 \cdot 10^6 \\ 0 & 30 \cdot 10^6 & -27 \cdot 10^6 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, -\frac{2}{3} \right)$

9	$u_1 = (3\xi_1 + 2\xi_3)e^t,$ $u_2 = 2\xi_1 e^t,$ $u_3 = 4\xi_2 e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 5 \cdot 10^6 & -5 \cdot 10^6 & 0 \\ -5 \cdot 10^6 & 0 & 5 \cdot 10^6 \\ 0 & 5 \cdot 10^6 & 5 \cdot 10^6 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(-\frac{1}{3}, 0, -\frac{\sqrt{8}}{3} \right)$
10	$u_1 = \left(\frac{1}{3}\xi_1 + 2\xi_2 \right) e^t,$ $u_2 = \left(\frac{1}{3}\xi_2 - \frac{4}{3}\xi_3 \right) e^t,$ $u_3 = \left(-\frac{4}{3}\xi_1 + 2\xi_3 \right) e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 1,5 \cdot 10^6 & 0,5 \cdot 10^6 & 0,5 \cdot 10^6 \\ 0,5 \cdot 10^6 & 0 & 10^6 \\ 0,5 \cdot 10^6 & 10^6 & 0 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}, 0, \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$
11	$u_1 = \left(\frac{1}{3}\xi_1 + 7\xi_2 \right) e^t,$ $u_2 = \left(\frac{1}{3}\xi_2 - \frac{4}{3}\xi_3 \right) e^t,$ $u_3 = \left(-\frac{4}{3}\xi_1 + 2\xi_3 \right) e^t$	$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 5 \cdot 10^6 & -1 \cdot 10^6 & -1 \cdot 10^6 \\ -1 \cdot 10^6 & 4 \cdot 10^6 & 0 \\ -1 \cdot 10^6 & 0 & 4 \cdot 10^6 \end{pmatrix}, \quad \bar{n} = \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}, 0, \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$

Задание II

1. Плоская задача теории упругости

Дана прямоугольная полоса-балка (рис. 1) длиной l , высотой h и толщиной, равной 1. Начало координат O принято в середине торцового сечения. Главными осями поперечного сечения являются оси Oy и Oz ; продольная ось Ox проходит по середине полосы-балки. Выражения для функции напряжений φ и числовые значения выбрать из табл. 1. Объемными силами пренебречь.

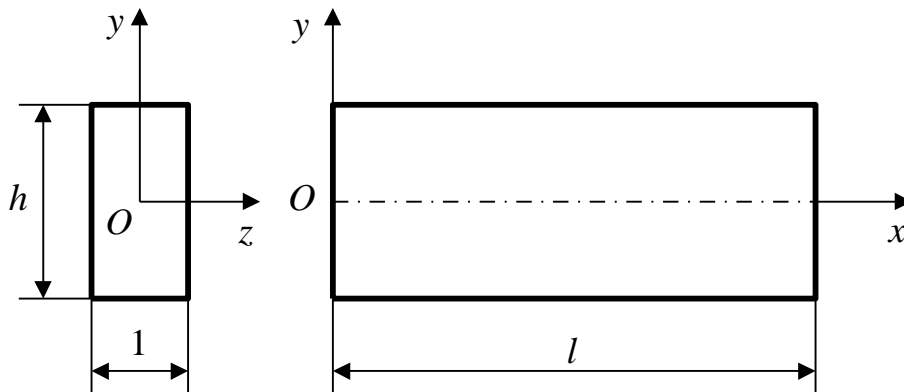


Рис. 1

Требуется:

- 1) проверить, можно ли предложенные функции $\varphi(x, y)$ принять для решения плоской задачи теории упругости;
- 2) найти выражения для напряжений σ_{xx} , σ_{yy} и σ_{xy} решаемой задачи;
- 3) определить внешние силы (нормальные и касательные), приложенные ко всем четырем граням полосы-балки.

Таблица 1. **Выражения для функций напряжений**

Но- мер вари- анта	Функция напряжений $\varphi(x, y)$	Числовые значения, м			
		l	h	a	b
1	$\varphi = a(x^4 - y^4) + bx^3y + xy^3$	5	1	1	1
2	$\varphi = ax(x^2 + y^2) + bx^2y + xy$	6	1	2	1
3	$\varphi = ay(x^2 + y^2) + bxy^2 + xy$	5	2	2	1
4	$\varphi = axy^3 + b\left(x^2y^2 - \frac{x^4}{3}\right)$	6	1	1	2
5	$\varphi = ax^3 + bx^2y + xy^2 + xy$	6	2	1	2
6	$\varphi = a(x^4 - y^4) + by^2 + by^2\left(x^2 - \frac{y^2}{3}\right)$	4	2	2	2
7	$\varphi = -a(x^4 - y^4) + bxy^3 + x^2y$	4	2	2	1
8	$\varphi = \frac{a}{12}(x^4 - y^4) + \frac{1}{3}xy(bx^2 + y^2)$	6	1	2	1
9	$\varphi = \frac{1}{3}x^3y + \frac{1}{2}bx^2y^2 - \frac{1}{6}by^4$	5	1	1	2
10	$\varphi = \frac{a}{3}xy^3 + \frac{1}{2}bx^2y^2 - \frac{1}{6}bx^4$	5	2	2	1
11	$\varphi = ax^4 - 3ax^2y^2 + bxy^3$	5	1	1	1
12	$\varphi = ax^3y - 3bx^2y^2 + by^4$	6	1	2	1
13	$\varphi = ax^4 - 3(a+b)x^2y^2 + by^4$	5	2	2	1

2. Изгиб пластинок

Пластинка (рис. 2) изгибается под действием поперечной нагрузки. Задано уравнение поверхности прогибов пластинки w .

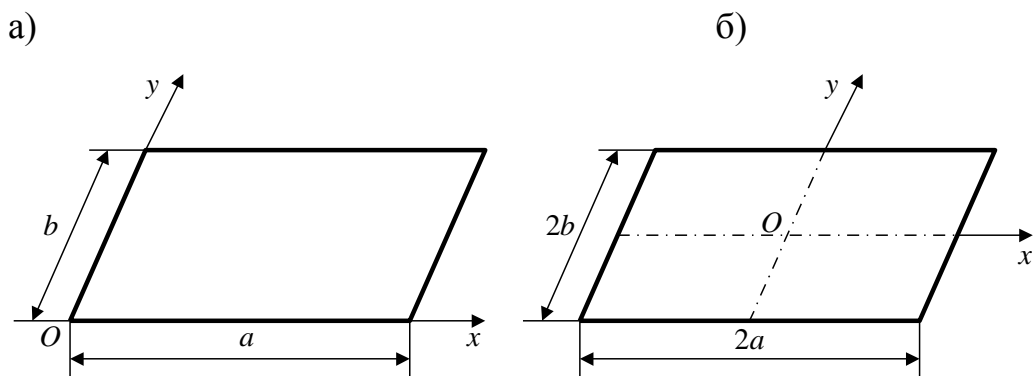


Рис. 2

Требуется:

- 1) установить, каким граничным условиям удовлетворяет предложенное уравнение поверхности прогибов $\omega(x, y)$;
- 2) определить постоянный коэффициент C , используя дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности пластинки в прямоугольных координатах;
- 3) составить выражения моментов и поперечных сил по известным формулам для этих моментов и поперечных сил в прямоугольных координатах.

Числовые данные взять из табл. 2.

Таблица 2. Уравнения поперечной нагрузки $q(x, y)$ и поверхности прогибов $\omega(x, y)$

Но- мер вари- анта	Очертания пластинок по рис. 2. Уравнения поперечной нагрузки $q(x, y)$ и поверхности прогибов $\omega(x, y)$. Жесткость пластинки $D = \text{const}$, $C = \text{const}$, $q_0 = \text{const}$	Числовые значения, м		
		a	b	ν
1	Очертание пластинки по рис. 2, а $q = \text{const}$, $\omega = C(x-a)^2(y-b)^2$	4	3	0,35
2	Очертание пластинки по рис. 2, а $q = \text{const}$, $\omega = Cxy(x-a)(y-b)$	3	3	0,3
3	Очертание пластинки по рис. 2, а $q = q_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$, $\omega = C \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$	3	3	0,25
4	Очертание пластинки по рис. 2, а $q = q_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{2\pi y}{b}$, $\omega = C \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{2\pi y}{b}$	4	4	0,25
5	Очертание пластинки по рис. 2, а	5	3	0,3

	$q = q_0 \sin \frac{2\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}, \quad \omega = C \sin \frac{2\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$			
6	Очертание пластинки по рис. 2, б $q = q_0 \sin \frac{\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{2b}, \quad \omega = C \sin \frac{\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{2b}$	3	5	0,3
7	Очертание пластинки по рис. 2, б $q = q_0 \cos \frac{\pi x}{2a} \sin \frac{\pi y}{b}, \quad \omega = C \cos \frac{\pi x}{2a} \sin \frac{\pi y}{b}$	3	3	0,35
8	Очертание пластинки по рис. 2, б $q = q_0 \sin \frac{2\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{2b}, \quad \omega = C \sin \frac{2\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{2b}$	5	5	0,35
9	Очертание пластинки по рис. 2, б $q = q_0 \cos \frac{\pi x}{2a} \sin \frac{2\pi y}{b}, \quad \omega = C \cos \frac{\pi x}{2a} \sin \frac{2\pi y}{b}$	5	4	0,3
10	Очертание пластинки по рис. 2, б $q = \text{const}, \quad \omega = C(x^2 - a^2)(y - b)^2$	4	5	0,3
11	Очертание пластинки по рис. 2, б $q = \text{const}, \quad \omega = C(x - a)^2(y^2 - b^2)$	4	3	0,35
12	Очертание пластинки по рис. 2, б $q = \text{const}, \quad \omega = C(x^2 - a^2)(y^2 - b^2)$	3	3	0,3
13	Очертание пластинки по рис. 2, б $q = q_0 \cos \frac{\pi x}{2a} \cos \frac{\pi y}{2b}, \quad \omega = C \cos \frac{\pi x}{2a} \cos \frac{\pi y}{2b}$	3	3	0,25

Критерии оценки курсовой работы:

✓ 100-85 баллов - баллов выставляется студенту, если студент выполнил все задания курсовой работы без ошибок. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 85-76 - баллов - работа выполнена полностью, без ошибок. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 75-61 - балл - работа выполнена полностью, есть 1-2 ошибки. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 60-50 баллов - работа выполнена не полностью. При защите студент не отвечает более, чем на 2 вопроса преподавателя.