

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Численные методы расчета в энергомашиностроении»

Направление подготовки 13.03.03 – энергетическое машиностроение

Профиль/программа подготовки – двигатели внутреннего сгорания

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения очная

Се- местр	Трудоемкость зач. ед./час.	Лек- ций, час.	Практич. Занятий, час.	Лаборат. Работы, час	СРС, час.	Форма промежу- точной аттеста- ции(экз./зачет/заче т с оценкой)
5	7/252	36	36	-	153	экз. (27), КР
6	5/180	36	18	-	126	зач. с оценкой
Итого	12/432	72	54	-	279	экз. (27), КР, зач. с оценкой

Владимир 2020

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины является:

- ознакомление студентов с применяемыми в инженерных расчетах и научных исследованиях численных методов: конечных элементов, конечных разностей, вариационных методов расчета на примерах некоторых деталей ДВС;
- формирование научно обоснованного подхода к выбору расчетных схем и граничных условий при проведения численных расчетов;
- научить правильно анализировать полученные результаты расчета и выбирать оптимальные варианты по выбранным заранее критериям;
- научить студентов правильно и рационально оформлять результаты численного расчета деталей ДВС.

Задачи дисциплины:

- ознакомить студентов с методами численных расчетов в области энергетического машиностроения: метод сеток, метод конечных элементов, вариационные методы;
- научить студентов грамотно обрабатывать результаты расчетных исследований в энергетическом машиностроении, когда используемые модели описываются дифференциальными уравнениями, не имеющими точного решения;
- сформировать у студентов навыки и умения по организации проведения расчетных исследований, как в процессе обучения, так и в производственных условиях.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Численные методы расчета в энергомашиностроении» относится к вариативной части дисциплин, устанавливаемых вузом.

Вариативная часть дает возможность расширения и углубления знаний, умений, навыков и компетенций, определяемых содержанием базовых (обязательных) дисциплин (модулей), позволяет студенту получить углубленные знания, навыки и компетенции для успешной профессиональной деятельности или обучения в магистратуре.

Пререквизиты дисциплины: «Теоретическая механика» (разделы: условия равновесия, динамика систем), «Механика материалов и конструкций» (разделы: напряженное и деформированное состояние, главные напряжения, расчеты на прочность при одноосном и сложном напряженных состояниях), «Математика» (разделы: дифференцирование и интегрирование, дифференциальные уравнения, матрицы, ряды, алгебра), информатики (использование стандартных программ Microsoft Office Excel и др.).

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
-----------------------------	------------------------------	--

1	2	3
ОПК-2	Полное	<p>Знать: основные методы проведения численных расчетных исследований в энергетическом машиностроении, а также смежных областей науки и техники; передовой отечественный и зарубежный научный опыт в профессиональной сфере деятельности.</p> <p>Уметь: применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.</p> <p>Владеть: информационными технологиями, в том числе современными компьютерными графиками в своей предметной области.</p>

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 часа (5 семестр – 7 ЗЕ, 252 ч., 6 семестр – 5 ЗЕ, 180 ч.)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Методы расчета на прочность деталей ДВС при нагрузках, переменных во времени	5	1	2	2		9	2/50	
2	Определения коэффициента запаса прочности при одноосном напряженном состоянии	5	2	2	3		9	2/28,6	
3	Определения коэффициента запаса прочности при сложном напряженном состоянии	5	3	2	2		9	1/25	
4	Детерминированные модели усталостной долговечности при стационарном нагружении	5	4	2	2		9	2/33,3	
5	Теория напряженного состояния. Дифференциальные уравнения равновесия	5	5	2	2		9	2/50	Рейтинг-контроль №1
6	Напряжение в наклонных площадках. Главные напряжения.	5	6	2	2		9	-	
7	Геометрическая теория деформаций. Уравнения неразрывности деформаций.	5	7	2	2		9	2/50	
8	Обобщенный закон Гука	5	8	2	2		9	-	
9	Основные уравнения теории упругости и способы их решения	5	9	2	2		9	1/25	
10	Теорема единственности, Методы решения задач теории упругости.	5	10	2	2		9	-	
11	Методы решения плоской задачи теории упругости для односвязных областей	5	11	2	2		9	2/50	Рейтинг-контроль №2
12	Решение плоской задачи в тригонометрических рядах	5	12	2	2		8	-	
13	Понятие о методе конечных разностей (метод сеток) для решения плоской задачи	5	13	2	2		8	2/50	

14	Порядок расчета балки-стенки методом конечных разностей	5	14	2	2		8	2/33,3	
15	Другие сеточные методы решения плоской задачи теории упругости	5	15	2	2		8		
16	Плоская задача теории упругости в полярных координатах	5	16	2	2		8	2/33	
17	Простое радиальное напряженное состояние	5	17	2	2		8		Рейтинг-контроль №3
18	Функции напряжений для плоской задачи в полярных координатах	5	18	2	2		6	2/50	
Всего за 5 семестр				36	36		153	22/24	экз.(36),КР
1	Изгиб тонких пластинок. Основные понятия и гипотезы	6	1	2	1		7	1/25	
2	Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности пластинки.	6	2	2	1		7		
3	Условие на контуре пластинки. Эллиптическая пластинка	6	3	2	1		7	2/50	
4	Основные уравнения изгиба круглой пластинки	6	4	2	1		7		
5	Расчет симметрично нагруженных цилиндрических деталей	6	5	2	1	-	7	2/50	Рейтинг-контроль №1
6	Расчет пресовых посадок при одинаковой длине сопрягаемых деталей	6	6	2	1		7	2/50	
7	Скрепление цилиндров. Основные понятия.	6	7	2	1		7	-	
8	Расчет скрепленного цилиндра	6	8	2	1		7	1/25	
9	Расчет вращающихся дисков постоянной толщины	6	9	2	1		7		
10	Метод конечных элементов. Перемещения, деформации и напряжения в конечном элементе.	6	10	2	1		7	2/50	
11	Матрицы жесткости конечного элемента.	6	11	2	1		7		Рейтинг-контроль №2
12	Конечные элементы сплошной среды. Плоский треугольный элемент	6	12	2	1		7	2/50	
13	Определение матрицы жесткости для плоского треугольного элемента	6	13	2	1		7	2/50	
14	Решение плоской задачи МКЭ	6	14	2	1		7		
15	Совместный прямоугольный элемент.	6	15	2	1		7	2/50	
16	Вариационные методы решения задач теории упругости.	6	16	2	1		7		
17	Метод Рэлея-Ритца	6	17	2	1		7		Рейтинг-контроль №3
18	Метод Бубнова-Галеркина	6	18	2	1		7	2/50	
Всего за 6 семестр				36	18		126	18/25	Зачет с оценкой
Наличие в дисциплине КП, КР									КР
Итого за курс				72	54		279	40/25	экзамен, зачет с оценкой

Содержание лекционных занятий по дисциплине

5 семестр

Тема 1. Методы расчета на прочность деталей ДВС при нагрузках, переменных во времени.

Содержание темы.

Цели, задачи, терминология и методы подхода при расчетах деталей машин на знакопеременные нагрузки. Определение предела выносливости. Влияние различных факторов на предел выносливости.

Тема 2. Определения коэффициента запаса прочности при одноосном напряженном состоянии

Содержание темы.

Действительные и схематизированные диаграммы предельных амплитуд. Построение схематизированных диаграмм предельных циклов по табличным данным. Определение запаса выносливости лабораторного образца.

Тема 3. Определения коэффициента запаса прочности при сложном напряженном состоянии.

Содержание темы.

Применимость схематизированной диаграммы усталостной прочности для деталей машин при нестационарной нагрузке. Расчеты на прочность при сложном напряженном состоянии.

Тема 4. Детерминированные модели усталостной долговечности при стационарном нагружении.

Содержание темы.

Применимость детерминированных и статистических моделей при расчете деталей машин. Расчеты на прочность деталей машин при наличии объемного тензора напряжений. Принятые допущения и гипотезы. Гипотеза И.А. Биргера.

Тема 5. Теория напряженного состояния. Дифференциальные уравнения равновесия.

Содержание темы.

Силы, напряжения и деформации. Основные принципы классической теории упругости. Дифференциальные уравнения равновесия и их применение.

Тема 6. Напряжение в наклонных площадках. Главные напряжения.

Содержание темы.

Определение напряжений в наклонных площадках при заданных направляющих косинусах. Главные площадки и главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Наибольшие касательные напряжения. Октаэдрические напряжения.

Тема 7. Геометрическая теория деформаций. Уравнения неразрывности деформаций.

Содержание темы.

Составляющие перемещения и деформации. Зависимость между ними. Уравнение Коши. Объемная деформация. Уравнения неразрывности деформаций Сен-Венана. Граничные и начальные условия.

Тема 8. Обобщенный закон Гука

Содержание темы.

Выражение составляющих деформации через составляющие напряжения. Выражение составляющих напряжений через составляющие деформации. Работа упругих сил. Потенциальная энергия деформации.

Тема 9. Основные уравнения теории упругости и способы их решения.

Содержание темы.

Решение задачи теории упругости в перемещениях. Решение задачи теории упругости в напряжениях при постоянстве объемных сил.

Тема 10. Теорема единственности. Методы решения задач теории упругости

Содержание темы.

Теорема единственности при решении задач теории упругости с заданными граничными условиями. Методы решения задач теории упругости

Тема 11. Методы решения плоской задачи теории упругости для односвязных областей.

Содержание темы.

Плоская деформация. Обобщенное плоское напряженное состояние. Решение плоской задачи в напряжениях. Функция напряжений.

Тема 12. Методы решения плоской задачи теории упругости.

Содержание темы.

Решение плоской задачи теории упругости в полиномах. Решение плоской задачи теории упругости в тригонометрических рядах.

Тема 13. Понятие о методе конечных разностей (метод сеток) для решения плоской задачи.

Содержание темы.

Расчет плоской задачи теории упругости методом сеток. Использование гипотезы Сеницына.

Тема 14. Порядок расчета балки-стенки методом конечных разностей

Содержание темы.

Раскрытие статической определимости симметричных конструкций. Расчет балки-стенки методом конечных разностей

Тема 15. Другие сеточные методы решения плоской задачи теории упругости.

Содержание темы.

Уменьшение погрешности вычисления методом конечных разностей с использованием метода коллокаций.

Тема 16. Плоская задача теории упругости в полярных координатах.

Содержание темы.

Основные уравнения плоской задачи в полярных координатах.

Тема 17. Простое радиальное напряженное состояние

Содержание темы.

Простое радиальное напряженное состояние. Клин, нагруженный в вершине сосредоточенной силой. Сжатие клина.

Тема 18. Функции напряжений для плоской задачи в полярных координатах.

Содержание темы.

Функции напряжений для плоской задачи в полярных координатах. Осесимметричные задачи. Решение в перемещениях

6 семестр

Тема 1. Изгиб тонких пластинок. Основные понятия и гипотезы.

Содержание темы.

Изгиб тонких пластинок. Основные понятия и гипотезы. Перемещения и деформации в пластинке. Напряжения в пластинке. Усилия в пластинке.

Тема 2. Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности пластинки.

Содержание темы.

Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности пластинки (уравнение Софи Жермен). Граничные условия.

Тема 3. Расчет эллиптической и круглой пластинки.

Содержание темы.

Использование уравнения Софи Жермен для решения эллиптической и круглой пластинки, нагруженной распределенной силой.

Тема 4. Основные уравнения изгиба круглой пластинки.

Содержание темы.

Расчет круглых пластин при различных способах закрепления.

Тема 5. Расчет симметрично нагруженных цилиндрических деталей.

Содержание темы.

Определение напряжений в толстостенных цилиндрах при действии внутреннего и внешнего давлений.

- Тема 6. Расчет прессовых посадок при одинаковой длине сопрягаемых деталей.
Содержание темы.
Расчет прессовых посадок при одинаковой длине сопрягаемых деталей. Температурные напряжения.
- Тема 7. Скрепление цилиндров.
Содержание темы.
Расчет равнопрочных скрепленных цилиндров.
- Тема 8. Расчет скрепленного цилиндра.
Содержание темы.
Расчет давления запрессовки и натяга скрепленных цилиндров с учетом действия тепловой нагрузки.
- Тема 9. Расчет вращающихся дисков постоянной толщины.
Содержание темы.
Определение окружных и радиальных напряжений во вращающихся дисках постоянной толщины с центральным отверстием для посадки: б) сплошного диска.
- Тема 10. Расчет вращающихся дисков постоянной толщины.
Содержание темы.
Определение окружных и радиальных напряжений во вращающихся сплошных дисках постоянной толщины.
- Тема 11. Матрицы жесткости конечного элемента.
Содержание темы.
Вычисление матрицы жесткости конечного элемента. Аппроксимирующая функция.
- Тема 12. Конечные элементы сплошной среды. Плоский треугольный элемент.
Содержание темы.
Вычисление матрицы жесткости плоского конечного элемента. Аппроксимирующая функция.
- Тема 13. Определение матрицы жесткости для плоского треугольного элемента.
Содержание темы.
Определение матрицы жесткости плоского треугольного элемента. Выбор аппроксимирующей функции.
- Тема 14. Решение плоской задачи МКЭ.
Содержание темы.
Решение плоской задачи теории упругости с использованием МКЭ.
- Тема 15. Совместный прямоугольный элемент.
Содержание темы.
Определение матрицы жесткости совместного прямоугольного элемента. Выбор аппроксимирующей функции.
- Тема 16. Вариационные методы решения задач теории упругости.
Содержание темы.
Сущность вариационных методов решения дифференциальных уравнений. Решение задач теории упругости.
- Тема 17. Метод Рэлея-Ритца.
Содержание темы.
Использование метода Рэлея-Ритца для решения задач изгиба пластин.
- Тема 18. Метод Бубнова-Галеркина.
Содержание темы.
Использование метода Бубнова-Галеркина для решения задач изгиба пластин.

Содержание практических занятий по дисциплине

5 семестр

- Тема 1. Расчет на прочность деталей ДВС при нагрузках, переменных во времени.

Содержание темы.

Определение напряжений при простом виде нагружений.

Тема 2. Определения коэффициента запаса прочности при одноосном напряженном состоянии

Содержание темы.

Расчет запасов прочности деталей при переменных напряжениях при изгибе, растяжении и кручении.

Тема 3. Определения коэффициента запаса прочности при сложном напряженном состоянии.

Содержание темы.

Определение запасов прочности деталей при сложном напряженном состоянии.

Расчеты коленчатых валов.

Тема 4. Детерминированные модели усталостной долговечности при стационарном нагружении.

Содержание темы.

Определение запасов прочности деталей машин при наличии объемного тензора напряжений по гипотеза И.А. Биргера.

Тема 5. Теория напряженного состояния. Дифференциальные уравнения равновесия.

Содержание темы.

Использование дифференциальных уравнений равновесия для расчета плоских задач.

Тема 6. Напряжение в наклонных площадках. Главные напряжения.

Содержание темы.

Определение напряжений в наклонных площадках при заданных направляющих косинусах. Главные площадки и главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Наибольшие касательные напряжения.

Тема 7. Геометрическая теория деформаций. Уравнения неразрывности деформаций.

Содержание темы.

Использование уравнения Коши и уравнения неразрывности деформаций Сен-Венана при решении задач теории упругости. Граничные и начальные условия.

Тема 8. Обобщенный закон Гука

Содержание темы.

Решение задач теории упругости с использованием прямого и обратного законов Гука. Потенциальная энергия деформации.

Тема 9. Основные уравнения теории упругости и способы их решения.

Содержание темы.

Решение задачи теории упругости в напряжениях при постоянстве объемных сил.

Тема 10. Решение задачи теории упругости в перемещениях.

Содержание темы.

Решение задачи теории упругости в перемещениях с заданными граничными условиями. Методы решения задач теории упругости

Тема 11. Методы решения плоской задачи теории упругости для односвязных областей.

Содержание темы.

Решение плоской задачи в напряжениях с использованием функции напряжений.

Тема 12. Методы решения плоской задачи теории упругости.

Содержание темы.

Решение плоской задачи теории упругости в полиномах.

Тема 13. Понятие о методе конечных разностей (метод сеток) для решения плоской задачи.

Содержание темы.

Расчет плоской задачи теории упругости методом сеток. Использование гипотезы Сеницына.

Тема 14. Порядок расчета балки-стенки методом конечных разностей

Содержание темы.

Раскрытие статической определимости симметричных конструкций. Расчет балки-стенки методом конечных разностей

Тема 15. Другие сеточные методы решения плоской задачи теории упругости.

Содержание темы.

Пример решения задачи с использованием метода коллокаций.

Тема 16. Плоская задача теории упругости в полярных координатах.

Содержание темы.

Решение осесимметричных задач с использованием основных уравнений плоской задачи в полярных координатах.

Тема 17. Простое радиальное напряженное состояние

Содержание темы.

Расчет клина, нагруженного в вершине сосредоточенной силой. Сжатие клина.

Тема 18. Расчет основания фундамента.

Содержание темы.

Расчет основания фундамента.

6 семестр

Тема 1. Определение напряжений в прямоугольных пластинках.

Содержание темы.

Определение напряжения в пластинке. Усилия в пластинке.

Тема 2. Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности пластинки.

Содержание темы.

Использование уравнения Софи Жермен для решения эллиптической и круглой пластинки, нагруженной распределенной силой.

Тема 3. Расчет прямоугольной пластинки.

Содержание темы.

Использование уравнения Софи Жермен для решения прямоугольной пластинки, нагруженной распределенной силой.

Тема 4. Основные уравнения изгиба круглой пластинки.

Содержание темы.

Расчет круглых пластин при различных способах закрепления.

Тема 5. Расчет симметрично нагруженных цилиндрических деталей.

Содержание темы.

Расчет толстостенных цилиндров, нагруженных равномерно распределенным по длине давлением (задача Ляме).

Тема 6. Расчет прессовых посадок при одинаковой длине сопрягаемых деталей.

Содержание темы.

Основные понятия и определения. Расчет прессовых посадок при одинаковой длине сопрягаемых деталей

Тема 7. Скрепление цилиндров. Основные понятия.

Содержание темы.

Основные понятия. Цель и назначения скрепленных цилиндров. Расчет равнопрочных цилиндров.

Тема 8. Расчет скрепленного цилиндра.

Содержание темы.

Выбор граничных условий и давления запрессовки скрепленных цилиндров.

Тема 9. Расчет вращающихся дисков постоянной толщины.

Содержание темы.

Расчет вращающихся дисков постоянной толщины: а) с центральным отверстием для посадки; б) сплошного диска.

Тема 10. Метод конечных элементов. Перемещения, деформации и напряжения в конечном элементе.

Содержание темы.

Основные понятия и допущения. Связь между перемещениями, деформациями и напряжениями при использовании МКЭ.

Тема 11. Матрицы жесткости конечного элемента.

Содержание темы.

Вычисление в общем случае матрицы жесткости конечного элемента. Аппроксимирующая функция.

Тема 12. Конечные элементы сплошной среды. Плоский треугольный элемент.

Содержание темы.

Конечные элементы сплошной среды. Плоский треугольный элемент. Вычисление матрицы жесткости плоского конечного элемента. Аппроксимирующая функция.

Тема 13. Определение матрицы жесткости для плоского треугольного элемента.

Содержание темы.

Определение матрицы жесткости плоского треугольного элемента. Выбор аппроксимирующей функции.

Тема 14. Решение плоской задачи МКЭ.

Содержание темы.

Решение плоской задачи теории упругости с использованием МКЭ.

Тема 15. Решение плоской задачи МКЭ.

Содержание темы.

Решение плоской задачи теории упругости с использованием МКЭ.

Тема 16. Решение плоской задачи МКЭ..

Содержание темы.

Решение плоской задачи теории упругости с использованием МКЭ.

Тема 17. Метод Рэлея-Ритца.

Содержание темы.

Использование метода Рэлея-Ритца для решения задач изгиба пластин.

Тема 18. Метод Бубнова-Галеркина.

Содержание темы.

Использование метода Бубнова-Галеркина для решения задач изгиба пластин.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

С целью формирования и развития профессиональных навыков у студентов при проведении лекционных, практических занятий, а также при приеме курсовых работ и руководстве самостоятельной работой применяются следующие образовательные технологии.

При проведении лекционных занятий используются электронные средства обучения (ЭСО), разработанного кафедрой. Вид ЭСО – комплект компьютерных слайдов в формате ppt. в количестве 451 единиц. Принципиальное новшество, вносимое компьютером в образовательный процесс, – интерактивность, позволяющая развивать активностно-деятельностные формы обучения. Например, при обсуждении тем лекций 2,3,4,6,10,12,13) в 5 семестре и 4,6,10,12,13,14 в 6 семестре лектор предлагает студентам самим найти решение проблемы. Студентам предлагается указать на возможные мероприятия по повы-

шению прочности, например, сопрягаемых деталей. Именно это новое качество позволяет надеяться на эффективное, реально полезное расширение сектора самостоятельной учебной работы. При этом часто возникает групповая дискуссия, что позволяет лучше освоить материал лекции.

Перед началом каждой лекции лектор напоминает студентам о тех вопросах, которые были рассмотрены на предыдущих занятиях (лекциях и практических занятиях), а после этого ставим перед аудиторией задачи, которые следует решить.

При проведении практических занятий используются модульное обучение, при котором каждый модуль начинается: а) с входного контроля знаний и умений (для определения уровня готовности обучаемых к предстоящей самостоятельной работе); б) с выдачи индивидуального задания, основанного на таком анализе. Заданием являются: реферат по результатам самостоятельного изучения знаний, расчетно-графические задания, контрольная работа, тесты, устные и письменные опросы. Модуль всегда должен заканчиваться контрольной проверкой знаний. Контролем промежуточным и выходным проверяется уровень усвоения знаний и выработки умений в рамках одного модуля или нескольких модулей. Затем – соответствующая доработка, корректировка, установка на следующий «виток», т.е. последующий модуль.

При использовании модульного обучения повышается качество обучения за счет того, что все обучение направлено на отработку практических навыков; компетенция определяет необходимые личностные качества; сокращение сроков обучения; реально осуществляется индивидуализация обучения при реальной возможности создания индивидуальных программ обучения; быстрая адаптация учебно-методического материала к изменяющимся условиям, гибкое реагирование.

При этом соблюдается постоянная обратная связь преподавателя и студента. Например, выборочно задается студентам вопрос по некоторым изучаемым в модуле вопросам и студенты дают свои варианты ответов. В этом случае обеспечивается активная роль студентов на занятиях, так как отвечать на вопросы может каждый.

Поскольку занятия проводятся с использованием компьютерных технологий, то это значительно расширило возможности на консультациях, позволяя моделировать различные процессы и явления, натурная демонстрация которых в лабораторных условиях технически очень сложна, либо просто невозможна. По некоторым разделам курса кафедрой выпущены учебные пособия, а электронные версии их размещены в электронной библиотеке ВлГУ, а также на сайте кафедры. Это позволяет в любой момент обратиться к источнику. Студентам выдается раздаточный материал (сложные схемы, чертежи и т.д.) с це-

лью уменьшения затрат времени на оформление студентами чертежей и рисунков во время лекции или при проведении практических занятий..

Часто на практических занятиях используются методы проблемного обучения. Схема проблемного обучения, представляется как последовательность процедур, включающих: постановку преподавателем учебно-проблемной задачи, создание для студентов проблемной ситуации; осознание, принятие и разрешение возникшей проблемы, в процессе которого они овладевают обобщенными способами приобретения новых знаний; применение данных способов для решения конкретных задач. Например, двигатель форсируется по мощности за счет введения турбонаддува на 20 %. Как обеспечить надежность основных деталей двигателя. Для повышения творческой деятельности студентов посредством постановки проблемно сформулированных заданий и активизации, за счет этого, их познавательного интереса и, в конечном счете, всей познавательной деятельности, поскольку за счет дополнительного рассмотрения справочников приобретаются новые знания.

Усвоение студентами знаний, добытых в ходе активного поиска и самостоятельного решения проблем более прочные, чем при традиционном обучении. Кроме того, при таком обучении происходит воспитание активной, творческой личности студента, умеющего видеть и решать нестандартные профессиональные проблемы.

Наконец, при проведении практических занятий или консультаций используется проектный метод обучения. Проектный метод **предполагает решение какой-то проблемы**, предусматривающей, с одной стороны, использование разнообразных методов, с другой – интегрирование знаний, умений из различных областей науки, техники, технологии, творческих областей.

В основе проектного метода лежит развитие познавательных навыков студентов, умений самостоятельно показывать свои знания, умений ориентироваться в информационном пространстве, развитие критического мышления. Студентам выдается индивидуальное задание. Под руководством преподавателя студенты решают возникшие проблемные ситуации, в результате чего и происходит творческое овладение профессиональными знаниями, навыками и умениями и развитие мыслительных способностей. При этом студенты используют учебные компьютерные программы для проведения расчетов, построения графиков.

Активно используются информационно-коммуникационные технологии – взаимный обмен электронного портфолио преподавателя и студента, что позволяет студенту использовать материалы из портфолио преподавателя, а преподавателю – лучшие работы студентов. Таким образом, создается единая образовательная среда, которая обеспечивает эффективное взаимодействие преподавателей и студентов. За счет широкого использования

интернета студенты часто находят интересные решения, которые не всегда известны преподавателю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Первый рейтинг-контроль

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Назовите основные задачи механики деформируемого твердого тела.
2. Какова роль и допустимость использования гипотезы о сплошности в механике деформируемых тел?
3. Какие силы называются внутренними силами упругости и как доказываются их существование?
4. Какими величинами характеризуется напряженное состояние в точке тела и во всем теле?
5. Что такое главные напряжения и на каких площадках они действуют?
6. Что такое инварианты напряженного состояния?
7. Как определяются главные касательные напряжения?
8. Что такое октаэдрическое напряжение?
9. Какова роль уравнений Коши и какие задачи они позволяют решать?
10. Какие правила знаков приняты при определении линейных и угловых деформаций?
11. Как определяется относительная объемная деформация?
12. Объясните физический смысл уравнений совместности деформаций Сен-Венана.
13. Каков энергетический смысл уравнений неразрывности деформаций Сен-Венана?
14. Для чего нужны граничные условия и что они определяют?
15. В каком случае уравнения неразрывности деформаций Сен-Венана выполняются после решения задачи точно?
16. Для чего определяются граничные и начальные условия?

Второй рейтинг-контроль

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Сколько неизвестных функций необходимо определить при решении пространственной задачи теории упругости?
2. Является ли с математической точки зрения разрешимой задача определения компонентов перемещения, напряжений и деформаций?
3. Укажите способы решения задач теории упругости.
4. Как решается задача теории упругости в перемещениях?
5. Синтезом каких уравнений являются уравнения Ламе?
6. Укажите план решения задачи теории упругости в перемещениях.
7. В чем суть решения задачи теории упругости в напряжениях?
8. Какая функция является гармонической?
9. Описываются ли гармоническими функциями объемная деформация и первый инвариант тензора напряжений?
10. Что называется плоской деформацией?
11. Какое напряженное состояние называется обобщенным плоским?

12. Как записываются уравнения равновесия в случае обобщенного плоского напряженного состояния?
13. Как выглядит условие неразрывности Сен-Венана в случаях плоского напряженного состояния и плоской деформации?
14. Какой вид приобретает условие неразрывности в случае применения функции напряжений (функции Эри)?
15. Как записать статические условия на границах тела через функцию напряжений?
16. Покажите, что при использовании функции напряжений уравнения равновесия плоской задачи удовлетворяются тождественно.

Третий рейтинг-контроль

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Что называется простым радиальным напряженным состоянием?
2. Как определяются постоянные интегрирования после решения уравнений равновесия и сплошности для клина, нагруженного продольной силой?
3. В чем смысл задачи Буссинеска?
4. Что такое круг Буссинеска и каковы его свойства?
5. Как записываются функции напряжений для плоской задачи теории упругости в полярных координатах?
6. В чем преимущество применения тригонометрических рядов вместо полиномов для функции напряжений φ при решении плоской задачи?
7. Как можно представить производные через конечные разности функций?
8. Каким образом дифференциальное уравнение Мориса Леви можно представить в конечно-разностном виде?

6 семестр

Первый рейтинг-контроль

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Какие дополнительные допущения принимаются в теории тонких пластин?
2. В чем смысл гипотез Кирхгофа для пластинок?
3. Что такое срединная плоскость для пластинки и чему равны в ней линейные и угловые деформации?
4. Удовлетворяются ли дифференциальные уравнения равновесия при использовании гипотез Кирхгофа?
5. Почему в пластинке определяются погонные внутренние усилия?
6. Как выражаются погонные изгибающие моменты M_x и M_y через перемещения срединной поверхности пластинки?
7. Как определяются погонные поперечные силы в пластинке?
8. Что называется цилиндрической жесткостью пластинки?
9. Из каких условий получено уравнение Софи Жермен?
10. При каких условиях возможно проинтегрировать дифференциальное уравнение срединной поверхности пластинки?
11. Какой вид имеют граничные условия для прямоугольной в плане пластинки с шарнирно опертыми краями? И сколько их должно быть?
12. Какой вид имеют граничные условия для прямоугольной в плане пластинки с жестко заделанными краями? И сколько их должно быть?
13. Какой вид имеют граничные условия для прямоугольной в плане пластинки, у которой три края шарнирно оперты, а один – свободный?
14. Как решается задача Навье в случае равномерно распределенного по поверхности давления $q = q_0$?
15. К какому уравнению сводится решение задачи М. Леви? Как отыскать решение этого уравнения?

16. Какой вид имеют граничные условия в случае осесимметричного изгиба круглых пластин?
17. Какие граничные условия нужно записать для кольцевой круглой пластинки?
18. Какая из пластин, свободно опертая или защемленная, будет иметь большие изгибающие моменты при одинаковых размерах и нагрузке?

Второй рейтинг-контроль

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Какой вид напряженно-деформированного состояния возникает при нагружении толстостенной трубы внутренним давлением?
2. Как учитываются осевые напряжения при нагружении толстостенной трубы внутренним давлением?
3. Чему равно радиальное напряжение на внутреннем радиусе при нагружении толстостенной трубы внутренним давлением?
4. Чему равно радиальное напряжение на внешнем радиусе при нагружении толстостенной трубы внешним давлением?
5. Как определяются радиальные напряжения при нагружении толстостенной трубы внутренним давлением?
6. Как учитываются радиальные напряжения при нагружении толстостенной трубы внешним давлением?
7. В окрестности какой точки поперечного сечения трубы возникает наибольшее напряжение при нагружении внутренним давлением?
8. В окрестности какой точки возникает наибольшее напряжение при нагружении внешним давлением?
9. Как определяется контактное давление при прессовой посадке двух сопрягаемых деталей?
10. Как вычисляется эквивалентное напряжение при прессовой посадке двух сопрягаемых деталей?
11. Почему при прессовой посадке двух труб увеличивается прочность внутренней трубы?
12. Какие методы повышают несущую способность толстостенной трубы?
13. Как влияет на напряженно-деформированное состояние составных труб из разных материалов при нагревании?
14. Как влияет на напряженно-деформированное состояние составных труб из разных материалов при нагревании только внутренней трубы?
15. Как влияет на напряженно-деформированное состояние составных труб из разных материалов при охлаждении?
16. Как влияет на напряженно-деформированное состояние составных труб из разных материалов при охлаждении внутренней трубы?

Третий рейтинг-контроль

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Какой смысл вкладывается в понятие «конечный элемент»?
2. Как в методе конечных элементов учитываются внешние и объемные силы?
3. Каким образом определяются перемещения произвольных точек конечного элемента?
4. Что такое матрица жесткости конечного элемента?
5. Какой физический смысл матрицы жесткости конечного элемента?
6. Как определяются узловые перемещения?
7. Каковы достоинства и недостатки плоского треугольного конечного элемента?
8. В чем смысл совместного прямоугольного конечного элемента?
9. Какие конечные элементы называются изопараметрическими?
10. Что представляет собой матрица Якоби?
11. Что называют якобианом?

5 семестр. Темы заданий для курсовой работы

Задание 1. Расчет составных валов.

Дано: Эскиз вала (табл. 1).

1. Размеры детали (по указанию преподавателя).
2. Величина нормальных и касательных напряжений (табл. 2).
3. Состояние поверхности после обработки.
4. Материал вала.

Требуется: установить эквивалентное напряжение для простых видов деформации и определить коэффициент запаса прочности для сложного напряженного состояния.

Таблица 1

Эскизы деталей и их размеры

Номер детали	Эскиз	№ п/п	Размеры детали, мм			
			D	d	r	a
1		1	48	32	3	—
		2	50	40	5	—
		3	60	45	5	—
		4	60	50	6	—
		5	75	52	8	—
		6	72	58	7	—
		7	72	60	6	—
		8	75	60	5	—
2		1	—	35	—	3,5
		2	—	45	—	4,5
		3	—	55	—	5
		4	—	65	—	4,5
		5	—	75	—	5
		6	—	65	—	4,5
		7	—	55	—	5,5
		8	—	45	—	6,5
		9	—	35	—	6
		10	—	45	—	5
3		1	48	45	3	—
		2	50	45	5	—
		3	60	55	5	—
		4	60	54	6	—
		5	75	67	8	—
		6	72	65	7	—
		7	72	66	6	—
		8	75	70	5	—
		9	80	73	7	—
		10	85	80	5	—

Таблица 2

Величина нормальных и касательных напряжений (к табл. 1)

№ п/п.	σ_{\max} , МПа	σ_{\min} , МПа	τ_{\max} , МПа	τ_{\min} , МПа
1	100	-80	40	-20
2	200	-65	30	10
3	250	-75	35	-25
4	230	-45	50	-20
5	150	-35	45	-25
6	165	-25	35	-35
7	210	-35	40	-30
8	215	-24	50	-35
9	220	46	45	-25
10	225	56	35	20
11	215	45	45	-35
12	245	35	55	-25

13	235	24	56	-25
14	225	-45	65	-35
15	215	-34	75	-45
16	220	-25	45	-35
17	200	-25	57	-45
18	205	-35	76	-65
19	208	-45	78	-75
20	210	-55	56	-35

Материал вала

Приведенные в табл. 1 валы изготовлены:

Эскиз 1 – из сталей 45Х, 40ХН, 40Х.

Эскиз 2 – из сталей 40ХФ, 50ХФ, 12ХНЗА.

Эскиз 3 – из сталей 40ХМА, 19ХНВА, 37ХНЗА.

Состояние поверхности

При расчете запасов прочности учесть состояние поверхности валов:

Эскиз 1 – тонкое шлифование.

Эскиз 2 – грубое полирование.

Эскиз 2 – грубое полирование.

Примечание. Необходимость расчета по усталостному разрушению или по текучести устанавливается по предельным значениям κ_σ или κ_τ . Если по нормальным и касательным напряжениям расчет запаса прочности ведется по разным критериям, то при сложном напряженном состоянии необходимо провести расчет как по усталостному разрушению, так по текучести.

Если запасы прочности оказываются ниже нормативных, то разрабатываются мероприятия по повышению прочности и проводится новый расчет.

Задание 2. Расчёт щеки коленчатого вала поршневого двигателя

Нарисовать эскиз коленчатого вала по исходным данным и найти ширину щеки при статическом расчёте.

1. Провести поверочный расчёт щеки при действии переменных напряжений и найти общий запас прочности.

Примечание. Размеры щеки могут корректироваться по результатам поверочного расчёта или исходя из статистических данных, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

Размеры шеек и нагрузки на коленчатый вал

№ п/п	$D_{кш}$, мм	$D_{шш}$, мм	$r_{кр}$, мм	Изгибающий момент, Н·м		Крутящий момент, Н·м	
				M_{max}	M_{min}	M_{max}	M_{min}
1	75	68	62,5	776	-300	650	-260
2	70	65	60	750	-250	480	-300
3	72	66	58	800	-280	550	-240
4	70	68	56	780	-270	625	-187
5	72	67	57	720	-320	585	-245
6	73	66	55	715	-325	625	-315
7	76	68	62	785	-350	615	-325
8	75	66	60	795	-315	585	-215
9	75	65	58	780	-310	565	-235
10	72	65	58	760	-315	625	-225
11	70	62	55	725	-310	580	-315
12	68	65	50	715	-315	625	-215
13	70	65	56	710	-225	615	-210
14	72	66	58	715	-214	610	-213
15	73	65	55	716	-210	612	-211
16	74	65	56	717	-215	611	-210
17	75	68	58	719	-213	595	-209
18	75	67	55	718	-209	597	-207
19	75	66	54	717	-208	596	-204

20	76	66	55	714	-206	585	-202
21	77	65	56	714	-205	575	-187
22	75	65	55	725	-211	585	-202
23	75	66	56	715	-185	575	-185
24	75	65	66	717	-186	585	-186
25	75	65	64	715	-187	595	-187
26	72	66	65	718	-188	585	-186
27	70	65	55	716	-187	596	-187
28	72	65	55	718	-196	593	-189
29	74	65	56	717	-197	595	-192
30	75	66	58	719	-198	596	-193

Задание 3. Решение плоской задачи теории упругости с помощью функций напряжений

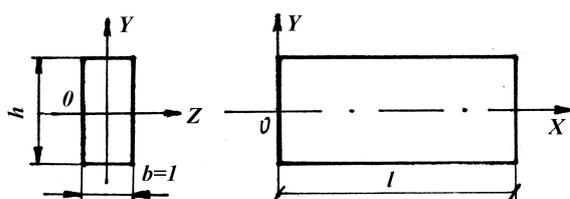


Рис. к заданию 3

Рассматривается полоса-балка узкого прямоугольного сечения (см. рис.) длиной l , высотой h и толщиной $b=l$. Начало координат принято в середине левого торца; главные оси поперечного сечения – O_Y и O_Z ; продольная ось O_X проходит посередине полосы. Объёмными силами можно пренебречь.

Заданы выражения для функции напряжений (см. таблицу). Требуется:

1. проверить, может ли предложенная функция быть принята для решения плоской задачи теории упругости;
2. пользуясь формулами напряжений Эри, найти выражения для напряжений;
3. построить эпюры напряжений для одного произвольного сечения, перпендикулярного оси X , и другого, перпендикулярного оси Y ;
4. установить с помощью уравнений теории упругости граничные воздействия на полосу и дать их изображение на рисунке полосы;
5. дать заключение относительно вида деформации заданной полосы-балки.

№ п/п	Вариант 1		Вариант 2	
	Функция 1	Функция 2	Функция 1	Функция 2
1	$\varphi = ax^2 + by^2$	$\varphi = axy^3 + by^2$	$\varphi = ay^3 + bx^2$	$\varphi = axy + bx^3$
2	$\varphi = ax^2 + bxy$	$\varphi = axy^3 + bxy$	$\varphi = axy^2 + by^3$	$\varphi = axy + bx^2y$
3	$\varphi = ax^2 + bx^3$	$\varphi = axy^3 + bx^3$	$\varphi = axy^2 + by^2$	$\varphi = axy + bxy^2$
4	$\varphi = ax^2 + bx^2y$	$\varphi = axy^3 + bx^2y$	$\varphi = axy^2 + bx^3$	$\varphi = axy + by^3$
5	$\varphi = ax^2 + bxy^2$	$\varphi = axy^3 + bxy^2$	$\varphi = axy^3 + by^2$	$\varphi = axy + bxy^3$
6	$\varphi = ax^2 + by^3$	$\varphi = axy^3 + by^3$	$\varphi = axy^3 + bxy$	$\varphi = ax^3 + bx^2y$
7	$\varphi = ax^2 + bxy^3$	$\varphi = axy + bx^3$	$\varphi = axy^3 + bx^2$	$\varphi = ax^3 + bxy^2$
8	$\varphi = ay^2 + bxy$	$\varphi = axy + bx^2y$	$\varphi = ay^3 + bxy$	$\varphi = ax^3 + by^3$
9	$\varphi = ay^2 + bx^3$	$\varphi = axy + bxy^2$	$\varphi = axy^2 + by^2$	$\varphi = ax^3 + bxy^3$
10	$\varphi = ay^2 + bx^2y$	$\varphi = axy + by^3$	$\varphi = axy + by^2$	$\varphi = ax^2y + bxy^2$
11	$\varphi = ay^2 + bxy^2$	$\varphi = axy + bxy^3$	$\varphi = ax^3 + by^2$	$\varphi = ax^2y + by^3$
12	$\varphi = ay^2 + by^3$	$\varphi = ay^3 + bx^2y$	$\varphi = ax^3 + bxy$	$\varphi = ax^2y + bxy^3$
13	$\varphi = ay^2 + bxy^3$	$\varphi = ay^3 + bxy^2$	$\varphi = ax^3 + by^2$	$\varphi = ay^3 + bxy^3$
14	$\varphi = axy + bx^3$	$\varphi = ay^3 + bx^2$	$\varphi = ax^2 + by^2$	$\varphi = axy^3 + by^2$
15	$\varphi = axy + bx^2y$	$\varphi = axy^2 + by^3$	$\varphi = ax^2 + bxy$	$\varphi = axy^3 + bxy$

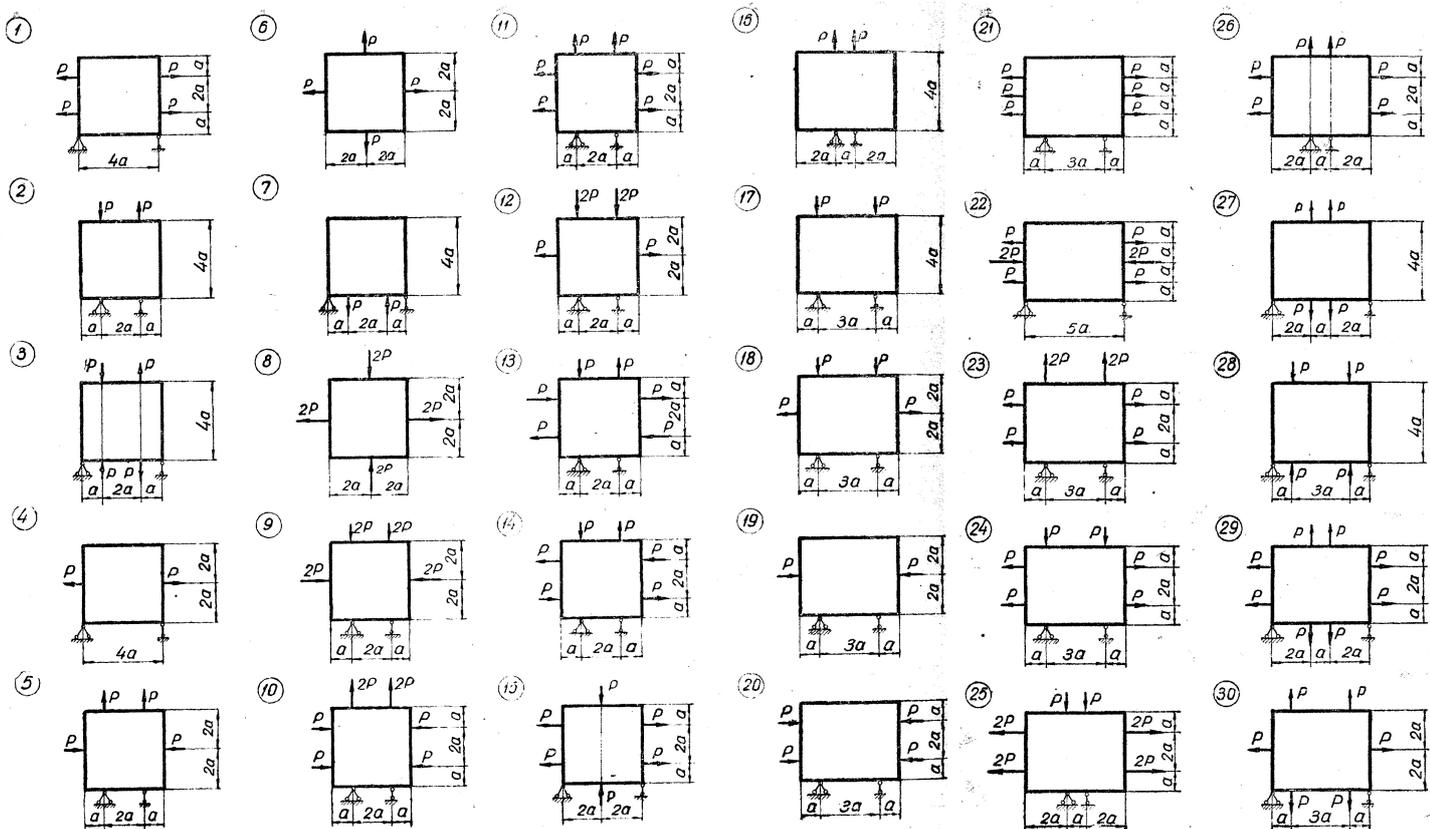
16	$\varphi = axy + bxy^2$	$\varphi = axy^2 + by^2$	$\varphi = ax^2 + bx^3$	$\varphi = axy^3 + bx^3$
17	$\varphi = axy + by^3$	$\varphi = axy^2 + bx^3$	$\varphi = ax^2 + bx^2y$	$\varphi = axy^3 + bx^2y$
18	$\varphi = axy + bxy^3$	$\varphi = axy^3 + by^2$	$\varphi = ax^2 + bxy^2$	$\varphi = axy^3 + bxy^2$
19	$\varphi = ax^3 + bx^2y$	$\varphi = axy^3 + bxy$	$\varphi = ax^2 + by^3$	$\varphi = axy^3 + by^3$
20	$\varphi = ax^3 + bxy^2$	$\varphi = axy^3 + bx^2$	$\varphi = ax^2 + bxy^3$	$\varphi = axy + bx^3$
21	$\varphi = ax^3 + by^3$	$\varphi = ay^3 + bxy$	$\varphi = ay^2 + bxy$	$\varphi = axy + bx^2y$
22	$\varphi = ax^3 + bxy^3$	$\varphi = axy^2 + by^2$	$\varphi = ay^2 + bx^3$	$\varphi = axy + bxy^2$
23	$\varphi = ax^2y + bxy^2$	$\varphi = axy + by^2$	$\varphi = ay^2 + bx^2y$	$\varphi = axy + by^3$
24	$\varphi = ax^2y + by^3$	$\varphi = ax^3 + by^2$	$\varphi = ay^2 + bxy^2$	$\varphi = axy + bxy^3$
25	$\varphi = ax^2y + bxy^3$	$\varphi = ax^3 + bxy$	$\varphi = ay^2 + by^3$	$\varphi = ay^3 + bx^2y$

Задание 4. Расчет балки-стенки методом конечной разности.

Для приведённой на схеме балки-стенки (см. рис) требуется:

- используя метод сеток, определить значение функции φ в узлах сетки;
- построить эпюры напряжений σ_x , σ_y , τ_{xy} по характерным сечениям.

Решить задачу в общем виде.



Выполненные задания студенты оформляют в расчетно-пояснительную записку и защищаются преподавателю, тем самым определяется степень самостоятельности выполнения работы. Зачет по курсовой работе проставляется только после защиты всех задач.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

5 семестр – экзамен

Контрольные вопросы к экзамену за 5 семестр

1.. Основные понятия и гипотезы. Классификация объектов изучения. Основные задачи и модели прочностной надежности. Расчетные схемы. Классификация внешних сил.

Статически определимые и статически неопределимые задачи. Модели усталостного разрушения. Запасы прочности при переменных напряжениях при одноосном и сложном напряженном состоянии.

2. Теория напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия. Напряжения на наклонных площадках. Условия на поверхности. Исследование напряженного состояния (НС) в точке тела. Главные напряжения. Инварианты НС.

3. Геометрическая теория деформаций. Составляющие перемещений и деформаций. Зависимость между ними. Объемная деформация. Уравнения сплошности. Граничные условия. Начальные условия.

4. Обобщенный закон Гука. Обратная форма закона Гука. Работа упругих сил. Потенциальная энергия деформации.

5. О решении задач теории упругости. Основные уравнения ТУ и способы их решения. Решения задачи теории упругости в перемещениях. Теорема единственности. Методы решения задачи теории упругости.

6. Плоская задача теории упругости в прямоугольных координатах. Плоская деформация. Обобщенное плоское напряженное состояние. Решение плоской задачи в напряжениях. Функция напряжений. Решение плоской задачи в полиномах. Решение плоской задачи в тригонометрических рядах. Решение с помощью конечных разностей. Выбор функции напряжений при расчете балки-стенки.

Плоская задача теории упругости в полярных координатах. Основные уравнения плоской задачи в полярных координатах. Функция напряжений плоской задачи теории упругости в полярных координатах.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

6 семестр – зачет с оценкой

Контрольные вопросы к зачету с оценкой за 6 семестр

1. Изгиб тонких пластинок. Основные понятия и гипотезы. Перемещения и деформации в пластинке. Выражения напряжений через усилия. Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности пластинки. Условия на контуре. Прямоугольная пластинка. Основные уравнения изгиба круглой пластинки.

2. Вариационные методы решения задач теории упругости. Сущность вариационных методов. Метод Ритца-Тимошенко. Метод Бубнова-Галеркина.

3. Метод конечных элементов. Теоретические основы метода. Перемещения, деформации и напряжения в конечном элементе. Матрица жесткости конечного элемента. Учет внеузловой нагрузки. Определение узловых перемещений. Связь метода конечных элементов с методом Ритца-Тимошенко.

4. Конечные элементы сплошной среды. Плоский треугольный элемент. Совместный прямоугольный элемент. Изопараметрический элемент. Численное интегрирование в методе конечных элементов. Осесимметричная задача.

Самостоятельная работа

Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

5 семестр

В 5 семестре студенты самостоятельно выполняют следующие задания для курсовой работы.

Задание 1. Расчет составных валов.

Задание 2. Расчёт щеки коленчатого вала поршневого двигателя.

Задание 3. Решение плоской задачи теории упругости с помощью функций напряжений.

Задание 4. Расчет балки-стенки методом конечной разности.

Проверка выполнения всех заданий проводится на консультации, на которой студенты защищают выполненную работу.

6 семестр

В 6 семестре для самостоятельной работы выдаются задания по расчету составных цилиндров.

Задание. Определить радиальные и тангенциальные напряжения, возникающие в толсто-стенных дисках (радиусов r_1 , r_2 и r_3) от действия давления q , от нагрева или от прессовой посадки с натягом Δ .

Проверить диск на прочность (материал – сталь 65Г).

Данные для задачи

Наименование величин	Единица измерения	Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Радиус r_1	см	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Радиус r_2	см	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Радиус r_3	см	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Давление q	МПа	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
Изменение температуры Δt	°С	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Натяг Δ	мм	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55

Текущий контроль и промежуточная аттестация уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине проводится в соответствии с «Фондом оценочных средств».

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформлен отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении; учеб. пособие/ А.Н. Гоц. – 3-е изд., исп. и доп. – М.: ФОРУМ: инфра-м, 2017. – 352 с. (Гриф УМО).	2017	2	-
2. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении; учеб. пособие. В 2 ч. Ч.1, 151 с. 2012 г., ч.2, 2013 г., 180 с; Владим. гос. ун-т имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ. (Гриф УМО).	2012 2013	50 50	-
3. Гоц А.Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени: учебное пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ; инфра-м, 2017. – 208 с. (Гриф УМО)	2017	10	
4. Теоретические основы расчетов на сопротивление усталости [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А. С. Гусев. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. - http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703840108.html	2014	-	
Дополнительная литература			

А.Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. Владим. гос. ун-т имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ.2011 – 140 с.	2011	49	
2. Березин, И. С. Методы вычислений. В 2 т. / И.С. Березин, Н.П. Жидков. – М.: Физматгиз, 1962. – 640 с.	1962	5	
3. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности. Учеб. Пособие. М. : Высшая школа, 1970. 288 с.	1970	8	

7.2. Периодические издания

1. Отраслевые журналы «Известие вузов. Машиностроение», «Двигателестроение», «Двигатель», «Фундаментальные исследования», «Современные наукоемкие технологии»

7.3. Интернет-ресурсы

2. Программный комплекс «Diesel RK». Бесплатный удаленный доступ к системе ДИ-ЗЕЛЬ-РК <http://www.diesel-rk.bmstu.ru/Rus/index.php?page=Vozmojnosti>.

3. Онлайн-калькулятор. Решение систем линейных уравнений методом Гаусса.

<http://ru.onlinemschool.com/math/assistance/equation/gaus/>

<http://math.semestr.ru/gauss/gauss.php>

http://www.webmath.ru/web/prog13_1.php

<http://matematika.ru/solve-equations/sistema-gaus.php>

http://www.math-pr.com/equations_1.php;

<http://ru.onlinemschool.com/math/assistance/equation/matr/>;

<http://ru.numberempire.com/equationsolver.php>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для выполнения самостоятельных работ и при проведении практических занятий используются ПК в компьютерном классе кафедры (ауд. 304-2). Используются программы Mathcad 12, MATLAB, а также программы, разработанные на кафедре.

Рабочую программу составил профессор кафедры ТД и ЭУ, д.т.н.



А.Н. Гоц

Рецензент

(представитель работодателя) специалист по сертификации АО «Камешковский механический завод», Владимирская область, г. Камешково, д.т.н.



А.Р. Кульчицкий

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры тепловые двигатели и энергетические установки

Протокол № 1 от 30.08.2020 года

Заведующий кафедрой _____



В.Ф. Гуськов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Протокол № 1 от 31.08.2020 года

Председатель комиссии _____



В.Ф. Гуськов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт _____

Кафедра _____

Актуализированная
рабочая программа
рассмотрена и одобрена
на заседании кафедры
протокол № ____ от ____ 20__ г.

Заведующий кафедрой

(подпись, ФИО)

Актуализация рабочей программы дисциплины

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования

Форма обучения

Владимир 20__

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

Актуализация выполнена: _____
(подпись, должность, ФИО)

а) основная литература: _____ (не более 5 книг)

б) дополнительная литература: _____

в) периодические издания: _____

г) интернет-ресурсы: _____