

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ПРИЕМ 2016 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная

Элементы теории упругости

Направление подготовки/ специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Нефтегазовое дело		
Специализация	«Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	3	семестр	5
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	2		

Руководитель ОНД		Е.Н. Пашков
Руководитель ООП		О.В. Брусник
Преподаватель		А.А. Светашков

2020 г.

1. Роль дисциплины в формировании компетенций выпускника:

Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА)	Семестр	Код компетенции	Наименование компетенции	Код результата освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
					Код	Наименование
Элементы теории упругости	5	ОПК(У)-2	Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Р1	ОПК(У)-2.B25	Владеть навыками использования специальных знаний математики и теории упругости для решения инженерных задач
					ОПК(У)-2.Y27	Умеет применять методы анализа и синтеза исполнительных механизмов, методы расчета и конструирования деталей и узлов механизмов
					ОПК(У)-2.334	Знает основные виды конструкций и механизмов, методы исследования и расчета их статических, кинематических и динамических характеристик, методы расчета на прочность и жесткость типовых элементов различных конструкций

2. Показатели и методы оценивания

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код индикатора достижения контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование раздела дисциплины	Методы оценивания (оценочные мероприятия)
Код	Наименование			
РД 1	Ставить и решать расчетные задачи с использованием математического аппарата теории упругости		Раздел (модуль) 1 Основные предпосылки и гипотезы теории упругости Основные предпосылки и гипотезы теории упругости. Методы теории упругости. Условные обозначения. Пространственная и плоская задачи теории упругости.	Защита практических работ Экзамен
			Раздел (модуль) 2. Напряженное состояние в точке Тензор напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия. Напряжения на наклонных площадках.	

			Напряженное состояние в точке. Главные напряжения, инварианты напряженного состояния. Шаровой тензор и девиатор напряжений. Интенсивность напряжений.	
			Раздел (модуль) 3. Деформированное состояние в точке Перемещения и деформации. Соотношения Коши. Объемная деформация. Уравнения неразрывности деформаций. Тензор деформаций, главные деформации. Инварианты деформаций.	
			Раздел (модуль) 4. Закон Гука. Энергия деформации Выражения деформаций через напряжения. Выражения напряжений через деформации. Закон Гука в тензорной форме. Работа упругих сил, потенциальная энергия деформаций. Теорема взаимности Бетти.	
			Раздел (модуль) 5. Статические уравнения. Геометрические уравнения. Физические уравнения. Уравнения в перемещениях (уравнение Ляме). Уравнения в напряжениях (уравнения Бельтрами – Митчелла	
РД2	Производить аналитические преобразования основных соотношений между параметрами напряженно-деформированного состояния для поиска решения поставленной задачи		Раздел (модуль) 1 Основные предпосылки и гипотезы теории упругости Основные предпосылки и гипотезы теории упругости. Методы теории упругости. Условные обозначения. Пространственная и плоская задачи теории упругости.	Защита практических работ Защита лабораторных работ Экзамен
			Раздел (модуль) 2. Напряженное состояние в точке Тензор напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия. Напряжения на наклонных площадках. Напряженное состояние в точке. Главные напряжения, инварианты напряженного состояния. Шаровой тензор и девиатор напряжений. Интенсивность напряжений.	
			Раздел (модуль) 3. Деформированное состояние в точке Перемещения и деформации. Соотношения Коши. Объемная деформация. Уравнения неразрывности деформаций. Тензор деформаций, главные деформации. Инварианты деформаций.	

			Раздел (модуль) 4. Закон Гука. Энергия деформации Выражения деформаций через напряжения. Выражения напряжений через деформации. Закон Гука в тензорной форме. Работа упругих сил, потенциальная энергия деформаций. Теорема взаимности Бетти. Раздел (модуль) 5. Статические уравнения. Геометрические уравнения. Физические уравнения. Уравнения в перемещениях (уравнение Ляме). Уравнения в напряжениях (уравнения Бельтрами – Митчелла)	
РДЗ	Определять физический смысл систем дифференциальных уравнений равновесия, граничных условий и физических соотношений	И.ОПК(У)-1.5	Раздел (модуль) 1 Основные предпосылки и гипотезы теории упругости Основные предпосылки и гипотезы теории упругости. Методы теории упругости. Условные обозначения. Пространственная и плоская задачи теории упругости. Раздел (модуль) 2. Напряженное состояние в точке Тензор напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия. Напряжения на наклонных площадках. Напряженное состояние в точке. Главные напряжения, инварианты напряженного состояния. Шаровой тензор и девиатор напряжений. Интенсивность напряжений. Раздел (модуль) 3. Деформированное состояние в точке Перемещения и деформации. Соотношения Коши. Объемная деформация. Уравнения неразрывности деформаций. Тензор деформаций, главные деформации. Инварианты деформаций. Раздел (модуль) 4. Закон Гука. Энергия деформации Выражения деформаций через напряжения. Выражения напряжений через деформации. Закон Гука в тензорной форме. Работа упругих сил, потенциальная энергия деформаций. Теорема взаимности Бетти. Раздел (модуль) 5. Статические уравнения. Геометрические уравнения. Физические уравнения. Уравнения в перемещениях (уравнение Ляме). Уравнения в напряжениях (уравнения	Защита практических работ Защита лабораторных работ Экзамен

		Бельтрами – Митчелла	
--	--	----------------------	--

3. Шкала оценивания

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка - максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтинг-планом дисциплины.

Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

% выполнения задания	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

Шкала для оценочных мероприятий зачета

% выполнения заданий экзамена	Зачет, балл	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	18 ÷ 20	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	14 ÷ 17	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	11 ÷ 13	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	0 ÷ 10	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

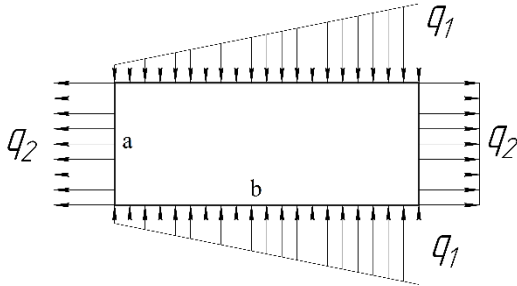
4. Перечень типовых заданий

№п/п	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
Раздел (модуль) 1. Основные предпосылки и гипотезы теории упругости		
1	Защита практической работы №1 Основные отличия теории упругости от элементарной теории (сопротивления материалов)	Вопросы:
		1. Назовите основные допущения элементарной теории 2. Назовите основные допущения теории упругости 3. Дайте определение континуума 4. Какие деформации можно считать малыми? 5. Какие деформации являются упругими?
2	Защита практической работы №2 Особенности сокращенной записи уравнений теории упругости. Правило суммирования индексов)	Вопросы:
		1. Для чего используется сокращенная запись индексов ? 2. Что значит «суммирование по повторяющимся индексам» 3. Приведите пример полной и сокращенной записи уравнений 4. Что означает запятая в нижних индексах?
3	Защита практической работы №3 Плоское напряженное и плоское деформированное состояние	Вопросы:
		1. Что такое плоское напряженное состояние? 2. Что такое плоское деформированное состояние? 3. Чем отличаются системы уравнений, описывающие плоское напряженное и плоское деформированное состояние? 4. В каких условиях реализуется плоское напряженное состояние? 5. В каких условиях реализуется плоское деформированное состояние?
Раздел (модуль) 2. Напряженно-деформированное состояние в точке		
4	Защита практической работы №4 Запись уравнений равновесия элементарного объема	Вопросы:
		1. Запишите уравнения равновесия бесконечно малого параллелепипеда, вырезанного из тела, на которое действует сила тяжести 2. Приведите пример записи уравнения проекции массовой силы на координатную ось 3. Каков вес элементарного параллелепипеда?
5	Защита практической работы №5 Запись уравнений на границе упругого тела	Вопросы:
		1. Запишите условия на границе для тонкостенного тела, на которое действует нормальная к контуру сжимающая нагрузка. 2. Запишите значения направляющих косинусов для положительных значений dx dy 3. Запишите выражения для напряжений на границе
6	Защита практической работы №6 Уравнения равновесия в цилиндрических координатах	Вопросы:
		1. Запишите уравнения равновесия в цилиндрических координатах для плоского напряженного состояния (задача Ламе) 2. Укажите направления главных напряжений

		3. Что такое изостата?
7	Защита практической работы №7 Расчет инвариантов тензора напряжений	Вопросы:
		1. По заданным компонентам тензора напряжений запишите значение первого инварианта тензора напряжений 2. По заданным компонентам тензора напряжений запишите значение второго инварианта тензора напряжений 3. По заданным компонентам тензора напряжений запишите значение третьего инварианта тензора напряжений
8	Защита лабораторной работы №1 Интерфейс программного комплекса, решатели, основы языка Fortran, основные понятия и определения метода конечных элементов.	Вопросы:
		1. Укажите основные инструменты создания геометрической модели 2. Укажите основные инструменты работы с конечно-элементной сеткой 3. Запишите последовательность команд для создания цилиндрической поверхности 4. В чем отличие точки от узла в терминах конечно-элементного анализа?
9	Защита лабораторной работы №2 Построение геометрической модели и разбиение на конечные элементы. Свойства материалов	Вопросы:
		1. Запишите последовательность команд для разбиения поверхности на структурированную сетку 2. Запишите последовательность команд для задания области мелчения сетки. 3. С помощью графического интерфейса задайте свойства материала модели
Раздел (модуль) 3. Деформированное состояние в точке		
10	Защита практической работы №8 Расчет деформаций по известным перемещениям	Вопросы:
		1. По известным выражениям для перемещений запишите компоненты тензора деформаций 2. Как называются уравнения, связывающие перемещения и деформации 3. Запишите решение для бруса, изгибаемого торцовыми моментами (Задача Сен-Венана)
11	Защита практической работы №9 Расчет объемной деформации	Вопросы:
		1. Что такое шаровая и девиаторная части тензора деформаций. Физический смысл 2. По известным компонентам деформации запишите выражение объемного расширения для прямолинейных ортогональных координат 3. По известным компонентам деформации запишите выражение объемного расширения для криволинейных параболических координат
12	Защита практической работы №10 Определение компонентов деформированного состояния	Вопросы:
		1. Найдите значения перемещений, при которых компонента вращения обращается в ноль 2. Найдите компоненты деформации тела, симметричной относительно начала координат 3. Найдите все компоненты деформации, симметричной относительно оси Oz.
13	Защита лабораторной работы №3 Задание граничных условий. Получение решения. Анализ результатов	Вопросы
		1. Запишите последовательность команд для задания условий закрепления 2. Запишите последовательность команд для задания усилий на границе 3. Покажите два способа запуска решателя 4. Выведите на экран результаты в напряжениях 5. Выведите на экран результаты в перемещениях 6. Выведите на экран усилия в закрепленных узлах

14	Защита лабораторной работы №4 Расчет ферменных конструкций под действием собственного веса, снеговой и ветровой нагрузки	Вопросы
		1. Какая из величин может служить для оценки прочности конструкции 2. Возможно ли получение решение при заданной на границе системы уравновешенных нагрузок без закрепления отдельных узлов? 3. Как производится пересчет нормативного значения снеговой нагрузки в граничные усилия? 4. Укажите наиболее нагруженные узлы конструкции
Раздел 4. Закон Гука. Энергия деформации		
15	Защита практической работы №11 Основные уравнения и их общие решения в прямоугольных координатах	Вопросы:
		1. Запишите прямую форму закона Гука в прямоугольных координатах 2. Запишите обратную форму закона Гука в прямоугольных координатах 3. Запишите основные уравнения в напряжениях 4. Запишите основные уравнения в перемещениях
16	Защита практической работы №12 Основные уравнения и их общие решения в цилиндрических координатах	Вопросы:
		1. Запишите прямую форму закона Гука в цилиндрических координатах 2. Запишите обратную форму закона Гука в цилиндрических координатах 3. Запишите основные уравнения в напряжениях в цилиндрических координатах 4. Запишите основные уравнения в перемещениях в цилиндрических координатах
17	Защита практической работы №13 Решение плоских задач с помощью функции напряжений	Вопросы
		1. Сформулируйте суть решения плоских задач теории упругости с использованием функции напряжений 2. Восстановите параметры напряженного состояния прямоугольной пластины по заданной функции напряжений 3. Каковы основные свойства функции напряжений? 4. Какому уравнению удовлетворяет функция напряжений?
18	Защита лабораторной работы №5 Моделирование и расчет задачи Буссинеска в программном комплексе ANSYS	Вопросы
		1. Укажите характерные размеры расчетной области при которых полупространство может считаться бесконечным? 2. Укажите величину отклонения численного и аналитического решения 3. Укажите минимальный характерный размер элемента при котором достигается величина расхождения менее 5 %
19	Защита лабораторной работы №6 Расчет изгиба пластинки при различных условиях опирания и внешних нагрузках в программном комплексе ANSYS	Вопросы
		1. Приведите последовательность команд, реализующих шарнирное опирание контура пластинки 2. Приведите последовательность команд, реализующих защемление контура пластинки 3. Укажите величину отклонения численного и аналитического решения 4. Укажите минимальный характерный размер элемента при котором достигается величина расхождения менее 5 %
Раздел 5. Основные уравнения теории упругости		
20	Защита практической работы №14 Изгиб пластинок	Вопросы
		1. Запишите уравнения прогиба круглой шарнирно опертой пластинки равномерно нагруженной распределенной

		нагрузкой 2. Запишите уравнения прогиба прямоугольной шарнирно опертой пластинки равномерно нагруженной распределенной нагрузкой 3. Запишите уравнения прогиба круглой защемленной по контуру пластинки равномерно нагруженной распределенной нагрузкой 4. Запишите уравнения прогиба круглой шарнирно опертой пластинки изгибаемой моментами, приложенными по контуру
21	Защита практической работы №15 Задача Ламе	Вопросы 1. Определите перемещения на внешней границе цилиндра при нулевом внешнем давлении 2. Определите перемещения на внешней границе цилиндра при нулевом внутреннем давлении 3. Запишите значения напряжений в кольцевом слое, расположенном строго посередине толщины цилиндра 4. Запишите значения перемещений в кольцевом слое, расположенном строго посередине толщины цилиндра
22	Защита практической работы №16 Задача Бусинеска	Вопросы 1. Запишите выражение для используемой бигармонической функции 2. Как изменяются напряжения и перемещения при удалении от точки приложения силы? 3. Запишите выражения для перемещений граничной плоскости
23	Защита лабораторной работы №7 Расчет цилиндрической емкости под действием гидростатического давления в ANSYS	Вопросы 1. Напишите последовательность команд для задания гидростатического давления при заданном направлении ускорения свободного падения 2. Покажите последовательность команд в графическом интерфейсе для задания гидростатического давления 3. Покажите наиболее нагруженную область в вертикальной емкости 4. Покажите наиболее нагруженную область в горизонтальной емкости
24	Защита лабораторной работы №8 Решение задачи Герца методом конечных элементов	Вопросы 1. Запишите последовательность команд для создания контактных элементов на поверхности окружностей 2. Укажите величину отклонения численного и аналитического решения 3. Укажите минимальный характерный размер элемента при котором достигается величина расхождения менее 5 % 4. Укажите как изменяется решение при изменении радиусов окружностей

25	Экзамен по дисциплине	Пример экзаменационного билета Теоретическая часть: Закон Гука ортотропного упругого тела.  $q_1=20 \text{ кН/м}$, $q_2=15 \text{ кН/м}$, $a=3 \text{ м}$, $b=8 \text{ м}$ Практическая часть: Расчет НДС упругой пластины а) расчет с помощью функции напряжений (аналитический). б) расчет средствами комплекса ANSYS. Полный перечень вопросов для подготовки к экзамену содержится в методических указаниях, расположенных на персональном сайте преподавателя по адресу https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SVETASHKOV/education/Tab2
----	-----------------------	--

5. Методические указания по процедуре оценивания

№	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
1.	Опрос на лекциях	Опрос студентов проводится для оценки общего уровня компетенций, сформированных ранее в 1-3 семестрах ООП по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело» в рамках понимания первичных вопросов об объектах трубопроводного транспорта нефти, газа и продуктов переработки Общее количество лекций – 8, за активное участие в которых студент получает 0,25 балла (итого 4 балла)
2.	Защита практических работ	Защита практических работ проводится с использованием данных заданий и теоретического материала во время аудиторной и самостоятельной работы студентов. Студенты выполняют задание, оформляют в соответствии с требованиями, предъявляемыми к отчетным работам в НИ ТПУ и отвечают на вопросы преподавателя. Всего 16 ПР. При выполнении задания ПР и полном ответе на вопросы преподавателя за одно ИДЗ студент получает 2 балла (итого 32 балла).

№	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
3.	Защита лабораторных работ	Защита лабораторных работ проводится во время аудиторной и самостоятельной работы студентов. Студенты выполняют задание, оформляют в соответствии с требованиями, предъявляемыми к отчетным работам в НИ ТПУ и отвечают на вопросы преподавателя. Всего 12 ЛБ. При выполнении ЛБ и полном ответе на вопросы преподавателя за 1 ЛБ студент получает 2 балла (итого 24 балла)
4.	Экзамен	Экзамен проводит в период экзаменационной сессии. При полном ответе на вопросы экзаменационного билета, включающего 2 вопроса, студент получает 20 баллов, которые плюсятся для подведения итога рейтинговой оценки по дисциплине в целом.