

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора ИШНП
Н.В. Гусева
«31» августа 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Элементы теории упругости			
Направление подготовки/ специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»		
Образовательная программа (направленность (профиль))	«Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»		
Специализация	«Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»		
Уровень образования	высшее образование – бакалавриат		
Курс	3	семестр	6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		32
	ВСЕГО		96
Самостоятельная работа, ч			120
ИТОГО, ч			216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, КП – диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОНД
------------------------------	--------------------------	------------------------------	-----

И.о. зав. каф. - руководитель ОНД на правах кафедры		И.А. Мельник
Руководитель ООП		О.В. Брусник
Преподаватель		А.А. Светашков

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Элементы теории упругости» является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.3 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-1	Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	И.ОПК(У)-1.5	Демонстрирует знание основ теоретической механики, теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин и основ конструирования и применяет их при решении практических задач	ОПК(У)-1.5В1	Владеет опытом теоретического и экспериментального исследования в механике, использования методов теоретической механики, теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин и основ конструирования при решении практических задач
				ОПК(У)-1.5У1	Умеет применять методы анализа и синтеза исполнительных механизмов, методы расчета и конструирования деталей и узлов механизмов
				ОПК(У)-1.5З1	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. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части модуля специализации Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Ставить и решать расчетные задачи с использованием математического аппарата теории упругости	И.ОПК(У)-1.5
РД 2	Производить аналитические преобразования основных соотношений между параметрами напряженно-деформированного состояния для поиска решения поставленной задачи	И.ОПК(У)-1.5
РД 3	Определять физический смысл систем дифференциальных уравнений равновесия, граничных условий и физических соотношений	И.ОПК(У)-1.5

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности ¹	Объем времени, ч.
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.	РД1	Лекции	8
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	24
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.	РД1 РД2 РД3	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	24
Раздел (модуль) 3. Деформированное состояние в точке Перемещения и деформации. Соотношения Коши. Объемная деформация. Уравнения неразрывности деформаций. Тензор деформаций, главные деформации. Инварианты деформаций.	РД1 РД2 РД3	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	24
Раздел (модуль) 4. Закон Гука. Энергия деформации	РД1 РД2 РД3	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8

Выражения деформаций через напряжения. Выражения напряжений через деформации. Закон Гука в тензорной форме. Работа упругих сил, потенциальная энергия деформаций. Теорема взаимности Бетти.		Самостоятельная работа	24
Раздел (модуль) 5. Статические уравнения. Геометрические уравнения. Физические уравнения. Уравнения в перемещениях (уравнение Ляме). Уравнения в напряжениях (уравнения Бельтрами – Митчелла)	РД1 РД2 РД3	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	24

Содержание разделов дисциплины:

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

Темы лекций:

- ЛК1 Основные допущения теории упругости
- ЛК2 Обзор основных методов теории упругости
- ЛК3 Общепринятые обозначения теории упругости. Правила суммирования индексов
- ЛК4 Плоская и пространственная теории упругости. Теория оболочек. Строительная механика.

Темы практических занятий:

- ПР1 Основные отличия теории упругости от элементарной теории (сопротивления материалов)
- ПР2 Особенности сокращенной записи уравнений теории упругости. Правило суммирования индексов
- ПР3 Плоское напряженное и плоское деформированное состояние

Раздел (модуль) 2.

Напряженно-деформированное 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.

Темы лекций:

- ЛК5 Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений
- ЛК6 Дифференциальные уравнения равновесия.
- ЛК7 Главные напряжения. Инварианты тензоров. напряжений

Темы лабораторных работ:

- ЛБ1 Интерфейс программного комплекса, решатели, основы языка Fortran, основные понятия и определения метода конечных элементов.
- ЛБ2 Построение геометрической модели и разбиение на конечные элементы. Свойства материалов.

Темы практических занятий:

- ПР4 Запись уравнений равновесия элементарного объема
- ПР5 Запись уравнений на границе упругого тела
- ПР6 Уравнения равновесия в цилиндрических координатах
- ПР7 Расчет инвариантов тензора напряжений

Раздел (модуль) 3.

Деформированное состояние в точке

Перемещения и деформации. Соотношения Коши. Объемная деформация. Уравнения неразрывности деформаций. Тензор деформаций, главные деформации. Инварианты деформаций

Темы лекций:

- ЛК8 Перемещения и деформации. Соотношения Коши.
- ЛК9 Деформированное состояние в точке. Тензор деформаций
- ЛК10 Инварианты тензора деформаций

Темы лабораторных работ:

- ЛБ3 Задание граничных условий. Получение решения. Анализ результатов
- ЛБ4 Расчет ферменных конструкций под действием собственного веса, снеговой и ветровой нагрузки..

Темы практических занятий:

- ПР8 Расчет деформаций по известным перемещениям
- ПР9 Расчет объемной деформации
- ПР10 Определение компонентов деформированного состояния

Раздел 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.

Темы лекций:

- ЛК11 Связь напряжений и деформаций. Закон Гука
- ЛК12 Работа упругих сил и потенциальная энергия упругой деформации
- ЛК13 Теорема взаимности

Темы лабораторных работ:

- ЛБ5 Моделирование и расчет задачи Буссинеска в программном комплексе ANSYS.

- ЛБ6 Расчет изгиба пластинки при различных условиях опирания и внешних нагрузках в программном комплексе ANSYS

Темы практических занятий:

- ПР11 Основные уравнения и их общие решения в прямоугольных координатах
ПР12 Основные уравнения и их общие решения в цилиндрических координатах
ПР13 Решение плоских задач с помощью функции напряжений

Раздел 5.

Основные уравнения теории упругости

Статические уравнения. Геометрические уравнения. Физические уравнения. Уравнения в перемещениях (уравнение Ламе). Уравнения в напряжениях (уравнения Бельтрами – Митчелла)

Темы лекций:

- ЛК14 Статические и геометрические уравнения.
ЛК15 Уравнения в перемещениях (Ламе)
ЛК16 Уравнения в напряжениях (Бельтрами-Митчелла)

Темы лабораторных работ:

- ЛБ7 Расчет цилиндрической емкости под действием гидростатического давления в ANSYS
ЛБ8 Решение задачи Герца методом конечных элементов

Темы практических занятий:

- ПР14 Изгиб пластинок
ПР15 Задача Ламе
ПР16 Задача Бусинеска

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Молотников, В. Я.. Теория упругости и пластичности [Электронный ресурс] / Молотников В. Я., Молотникова А. А.. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 532 с.. — Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки.. — ISBN 978-5-8114-2603-4.
2. Трушин, Сергей Иванович. Строительная механика: метод конечных элементов : учебное пособие / С. И. Трушин. — Москва: Инфра-М, 2016. — 305 с.: ил.. — Высшее образование - Бакалавриат. — Библиогр.: с. 300-302.. — ISBN 978-5-16-011428-6.
3. Федорова, Н. Н.. Основы работы в ANSYS 17 [Электронный ресурс] / Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Данилов М. Н., Захарова Ю. В.. — Москва: ДМК Пресс, 2017. — 210 с.. — Книга из коллекции ДМК Пресс - Информатика.. — ISBN 978-5-97060-425-0
4. Самогин, Юрий Николаевич. Метод конечных элементов в динамических расчетах турбомашин : учебное пособие / Ю. Н. Самогин, С. А. Серков, В. П. Чирков; Национальный исследовательский университет Московский энергетический институт (МЭИ) ; под ред. В. П. Чиркова. — Москва: Физматлит, 2016. — 212 с.: ил.. — Библиогр.: с. 211. — Список обозначений: с. 208-210.. — ISBN 978-5-9221-1681-7.

Дополнительная литература

1. А.А. Светашков Элементы теории упругости: учебное пособие; Томский политехнический университет: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. — 164 с.
2. А.И. Дудяк Прикладная теория упругости : учебное пособие для вузов / А. И. Дудяк, Т. А. Сахнович. — Минск: Изд-во Гревцова, 2010. — 164 с.
3. Князева, Анна Георгиевна Элементы теории упругости, термоупругости и массоупругости и их приложение к описанию процессов термообработки : пособие для подготовки курсовых проектов по курсу лекций "Теплофизические основы современных методов металлообработки" : учебное пособие / А. Г. Князева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — 97 с.. — Библиогр.: с. 97..
4. А.Г. Князева Элементы теории упругости, термоупругости и массоупругости и их приложение к описанию процессов термообработки [Электронный ресурс] : пособие по подготовке курсовых проектов по курсу лекций "Теплофизические основы современных методов металлообработки" : учебное пособие / А. Г. Князева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт физики высоких технологий (ИФВТ), Кафедра физики высоких технологий в машиностроении (ФВТМ). — 1 компьютерный файл (pdf; 926 KB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader..
5. Страница доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m427.pdf>
6. А.Г. Горшков Теория упругости и пластичности : учебник для вузов / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Тарлаковский. — Москва: Физматлит, 2002. — 416 с.
7. Рекач, Владимир Германович Руководство к решению задач прикладной теории упругости : учебное пособие / В. Г. Рекач. — Москва: Высшая школа, 1984. — 287 с.: ил.. — Библиогр.: с. 280-285..
8. А.В. Александров Основы теории упругости и пластичности : учебник / А. В. Александров, В. Д. Потапов. — Москва: Высшая школа, 1990. — 400 с.: ил.. — Библиогр.: с. 391-392. — Предм. указ.: с. 393-395.. — ISBN 5-06-000053-2.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы:

1. <http://fsapr2000.ru/> - российский интернет-форум пользователей и разработчиков САПР и IT-технологий в проектировании и производстве.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности" от 12 марта 2013 года N 101 Код доступа: <http://www.uk-sng.ru/speczialnosti/11-biblioteka/144-federalnye-normy-i-pravila-v-oblasti-promyshlennoj-bezopasnosti-pravila-bezopasnosti-v-neftyanoj-i-gazovoj-promyshlennosti-ot-12-marta-2013-goda-n-101>

Лицензионное программное обеспечение:

1. Windows 10 Professional Russian Academic;
2. Microsoft Office Standard 2016;
3. ANSYS 19.0

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034 г. Томская область, Томск, пр-т Ленина, д.43, учебный корпус №3, аудитория 218	Учебная аудитория для проведения практических и лабораторных занятий: Компьютеры - 11 шт., проектор – 1 шт.,
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034 г. Томская область, Томск, пр-т Ленина, д.43, учебный корпус №3, аудитория 220	Учебная аудитория для проведения практических: Проектор – 1 шт.

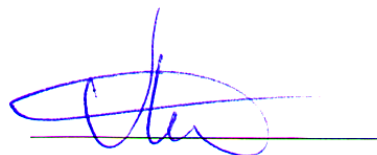
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело», профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность		ФИО
Профессор ОНД		А.А. Светашков

Программа одобрена на заседании Отделения нефтегазового дела
(протокол от «26» июня 2020 г. № 25).

И.о. зав. кафедрой – руководитель ОНД
на правах кафедры
д.г-м.н., профессор

 /И.А. Мельник/