

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЛИАЛ ТИУ В Г.НИЖНЕВАРТОВСКЕ  
КАФЕДРА НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель директора по УМР



Е.В. Касаткина

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплина: Численные методы теории упругости и механики разрушения


направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело

направленность: Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства

форма обучения: очно-заочная

Рабочая программа разработана для обучающихся по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело, направленность «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства».

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры «Нефтегазовое дело»

Заведующий кафедрой НД (НВ)  С.В. Колесник

Рабочую программу разработал:

Ю.И. Казаринов, канд. тех. наук, доцент



## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель дисциплины:

Формирование системы знаний о напряженно-деформированном состоянии твердых тел и компьютерном анализе нагруженности и деформативности элементов нефтегазового оборудования.

### Задачи дисциплины:

- усвоить систему знаний о методе конечных элементов, применяемого для решения задач теории упругости и механики разрушения элементов нефтегазового оборудования;
- овладеть базовыми навыками расчета напряженно-деформированного состояния элементов конструкций с использованием метода конечных элементов;
- получить знания о программной реализации метода конечных элементов для анализа нагруженности элементов нефтегазового оборудования.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Численные методы теории упругости и механики разрушения» относится к дисциплине, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

#### знание:

- основ метода конечных элементов и особенностей его программной реализации; методов диагностики деталей технологического оборудования и соответствующих им критериев работоспособности и расчета деталей;

#### умение:

- разрабатывать расчетную схему для конечно-элементного анализа деталей оборудования; выбирать методы диагностики технологического оборудования;

#### владение:

- основами конечно-элементного анализа деталей нефтегазового оборудования и методами оптимизации его параметров; навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали.

Содержание дисциплины служит основой для освоения дисциплины «Расчет и конструирование нефтегазопромыслового оборудования», «Расчет и конструирование бурового оборудования».

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикаторов достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине
ПКС-2 Способность проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПКС-2.5 Обосновывает выбор методов диагностики и технического обслуживания технологического оборудования в соответствии с требованиями промышленной безопасности и охраны труда	<i>Знать:</i> (З1) соответствие методов диагностики деталей технологического оборудования и критериев работоспособности и расчета деталей
		<i>Уметь:</i> (У1) выбирать методы диагностики технологического оборудования
		<i>Владеть:</i> (В1) навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали

#### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
Очно-заочная	4/7	10	14	-	84	Зачет

#### 5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины.

##### очная форма обучения (ОФО)

Не реализуется.

##### заочная форма обучения (ЗФО)

Не реализуется.

##### очно-заочная форма обучения (ОЗФО)

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Теория упругости. Виды напряженного состояния	1	2	-	15	18	ПКС-2.5	Опрос
2	2	Одномерные, двумерные и трехмерные задачи теории упругости. Тензор напряжений.	1	2	-	15	18	ПКС-2.5	Опрос, Типовой расчет
3	3	Численные методы теории упругости: МКР, МКЭ, МГЭ. Основное уравнение МКЭ.	2	2	-	14	18	ПКС-2.5	Опрос, Типовой расчет
4	4	Основные этапы конечно-элементного анализа и их программная реализация	2	3	-	13	18	ПКС-2.5	Опрос, Типовой расчет
5	5	Расчетные схемы для анализа прочности и жесткости деталей и их особенности	2	3	-	13	18	ПКС-2.5	Опрос, Типовой расчет
6	6	Анализ результатов конечно-элементного анализа, выполнение оптимизации конструкций в соответствии с выбранными критериями работоспособности	2	2	-	14	18	ПКС-2.5	Опрос, Типовой расчет
Итого:			10	14	-	84	108		

5.2. Содержание дисциплины.

5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

##### **Раздел 1. Понятие о теории упругости.**

Компоненты напряжений. Закон Гука. Условия равновесия. Плоское напряженное состояние и плоская деформация.

##### **Раздел 2. Одномерные, плоские и объемные задачи теории упругости.**

Виды деформирования деталей: кручение, изгиб, растяжение, температурное деформирование. Осесимметричные задачи. Тензор напряжений. Главные напряжения.

### **Раздел 3. Численные методы теории упругости.**

Метод конечных разностей, Метод конечных элементов, Метод граничных элементов. Типы конечных элементов. Вывод основного уравнения МКЭ для решения задач теории упругости.

### **Раздел 4. Основные этапы конечно-элементного анализа.**

Описание геометрии детали, ее дискретизация, задание граничных условий, решение системы дифференциальных уравнений, анализ результатов. Особенности программной реализации МКЭ.

### **Раздел 5. Расчетные схемы для анализа прочности и жесткости деталей.**

Особенности расчетных схем для анализа прочности и жесткости деталей. Виды граничных условий при описании деформирования конструкции.

### **Раздел 6. Анализ результатов конечно-элементного анализа.**

Анализ результатов конечно-элементного анализа, выполнение оптимизации конструкций в соответствии с выбранными критериями работоспособности. Методы диагностики деталей в зависимости от критериев их работоспособности.

5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

#### **Лекционные занятия**

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема лекции
		ОЗФО	
1	1	2	Компоненты напряжений. Закон Гука. Условия равновесия. Плоское напряженное состояние и плоская деформация.
2	2	2	Одномерные, плоские и объемные задачи теории упругости. Виды деформирования деталей: кручение, изгиб, растяжение, температурное деформирование. Осесимметричные задачи. Тензор напряжений. Главные напряжения.
3	3	2	Метод конечных разностей, Метод конечных элементов, Метод граничных элементов. Типы конечных элементов. Вывод основного уравнения МКЭ для решения задач теории упругости.
4	4	4	Описание геометрии детали, ее дискретизация, задание граничных условий, решение системы дифференциальных уравнений, анализ результатов. Особенности программной реализации МКЭ.
5	5	4	Расчетные схемы для анализа прочности и жесткости деталей и их особенности. Виды граничных условий при описании деформирования конструкции.
6	6	4	Анализ результатов конечно-элементного анализа, выполнение оптимизации конструкций в соответствии с выбранными критериями работоспособности. Методы диагностики деталей в зависимости от критериев их работоспособности.
Итого:		10	

#### **Практические занятия**

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема практического занятия
		ОЗФО	
1	1	2	Решение задач по расчету плоского напряженного состояния и плоской деформации методами теории упругости.
2	2	2	Решение методами теории упругости задач по расчету деформированного состояния деталей в условиях изгиба, кручения, растяжения.
3	3	2	Характеристика и достоинства численных методов теории упругости: метода конечных разностей, метода конечных элементов, метода граничных элементов. Выбор типа конечных элементов.
4	4	3	Решение задач по описанию геометрии детали, ее дискретизация, заданию граничных условий. Изучение особенностей программной реализации МКЭ.
5	5	3	Решение задач по составлению расчетных схем для анализа прочности и

			жесткости деталей. Изучение особенностей задания различных видов граничных условий при описании деформирования конструкции.
6	6	2	Решение МКЭ задач расчета напряженно-деформированного состояния деталей. Выполнение оптимизации конструкций деталей в соответствии с заданным критерием их работоспособности.
Итого:		14	-

### Лабораторные работы

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

### Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема	Вид СРС
		ОЗФО		
1	1-2	12	Достоинства и недостатки современных программных пакетов, реализующих численные методы теории упругости	Подготовка к выполнению практических занятий и опросу по разделам
2	3	15	Примеры конечно-элементного анализа деталей нефтегазового оборудования.	Подготовка к выполнению практических занятий и опросу по разделам
3	4-5	34	Повышение надежности нефтегазового оборудования; оптимизация и модернизация деталей машин с помощью компьютерного анализа	Подготовка к выполнению практических занятий и опросу по разделам
4	6	23	Анализ результатов конечно-элементного анализа, выполнение оптимизации конструкций в соответствии с выбранными критериями работоспособности. Методы диагностики деталей в зависимости от критериев их работоспособности.	Подготовка к выполнению практических занятий и опросу по разделам
Итого:		84	X	X

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- работа в малых группах (практические занятия);
- разбор практических ситуаций (практические занятия)

### 6. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены.

### 7. Контрольные работы

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены.

### 8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной-заочной форм обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1	Защита результатов выполнения практических занятий по разделам 1 и 2	0-10
2	Опрос по разделам 1 и 2 дисциплины	0-10
ИТОГО за первую текущую аттестацию		<b>0-20</b>
2 текущая аттестация		

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1	Защита результатов выполнения практических занятий по разделам 3 и 4	0-10
2	Опрос по разделам 3 4 дисциплины	0-10
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	<b>0-20</b>
3 текущая аттестация		
1	Защита результатов выполнения практических занятий по разделам 5 и 6	0-10
2	Опрос по разделам 5 и 6 дисциплины	0-10
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	<b>0-20</b>
	Зачет	<b>0-40</b>
	<b>ВСЕГО</b>	<b>0-100</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Электронный каталог/Электронная библиотека Тюменского индустриального университета <http://webirbis.tsogu.ru/>
2. Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО «УГНТУ» и ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» <http://bibl.rusoil.net>
3. Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО «УГТУ» и ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» <http://lib.ugtu.net/books>
4. База данных «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU» (эл.подписи)
5. ООО «ЭБС ЛАНЬ» [www.e.lanbook.ru](http://www.e.lanbook.ru)
6. ООО «Издательство ЛАНЬ» [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)
7. База данных Консультант студента «Электронная библиотека технического ВУЗа» <http://www.studentlibrary.ru>
8. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/>
9. Национальная электронная библиотека (через терминалы доступа)
10. ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» [www.urait.ru](http://www.urait.ru)
11. Электронно-библиотечная система BOOK.ru <https://www.book.ru>

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства: Microsoft Office Professional Plus, Договор №1120-18 от 03.04.2018; Microsoft Windows, Договор №1120-18 от 03.04.2018; Zoom (бесплатная версия), Свободно-распространяемое ПО.

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

### Обеспеченность материально-технических условий реализации ОПОП ВО

Таблица 10.1

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	Численные методы теории упругости и механики разрушения	Лекционные занятия: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной	628609, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Нижневартовск, Западный промышленный узел, Панель 20,

	<p>аттестации (компьютерный класс). Оснащенность: Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная, трибуна для чтения лекций, столы компьютерные, стулья компьютерные, шкаф металлический. Компьютеры в комплекте, проектор, проекционный экран, персональный компьютер, колонки.</p>	<p>ул. Ленина, д. 2/П, стр. 9, ауд. 308</p>
	<p>Практические занятия: Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, (практические занятия), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. (компьютерный класс). Оснащенность: Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная, трибуна для чтения лекций, столы компьютерные, стулья компьютерные, шкаф металлический. Компьютеры в комплекте, проектор, проекционный экран, персональный компьютер, колонки.</p>	<p>628609, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Нижневартовск, Западный промышленный узел, Панель 20, ул. Ленина, д. 2/П, стр. 9, ауд. 308</p>

## **11. Методические указания по организации СРС**

### 11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

На практических занятиях обучающиеся изучают методику и выполняют типовые расчеты. Для эффективной работы обучающиеся должны иметь инженерные калькуляторы и соответствующие канцелярские принадлежности. В процессе подготовки к практическим занятиям обучающиеся могут получить консультацию у преподавателя. На практическом занятии наличие конспекта лекций обязательно.

### 11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в получении заданий у преподавателя для освоения индивидуально. Преподаватель на занятии дает рекомендации необходимые для освоения материала. В ходе самостоятельной работы обучающиеся закрепляют теоретический курс и готовятся к практическим занятиям. Обучающиеся должны понимать ход практической работы, знать определения и термины используемые при выполнении практической работы.



### Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ**

Код, направление подготовки **21.03.01 НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО**

Направленность **ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Код компетенции	Код и наименование ИДК	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
ПКС-2	ПКС-2.5 Обосновывает выбор методов диагностики и технического обслуживания технологического оборудования в соответствии с требованиями промышленной безопасности и охраны труда	<i>Знать:</i> соответствие методов диагностики деталей технологического оборудования и критериев работоспособности и расчета деталей	Не знает методов диагностики деталей технологического оборудования и критериев работоспособности и расчета деталей	Частично знает основные методам диагностики деталей технологического оборудования и критерии работоспособности и расчета деталей	Знает основные методы диагностики деталей технологического оборудования и критерии работоспособности и расчета деталей	Демонстрирует исчерпывающие знания по методам диагностики деталей технологического оборудования и критериям работоспособности и расчета деталей
		<i>Уметь:</i> выбирать методы диагностики технологического оборудования	Не умеет выбирать методы диагностики технологического оборудования	Умеет минимально ориентироваться и выбирать методы диагностики технологического оборудования, допуская значительные неточности и погрешности	Умеет выбирать методы диагностики технологического оборудования, допуская незначительные неточности	В совершенстве умеет выбирать методы диагностики технологического оборудования
		<i>Владеть:</i> навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали	Не владеет навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали	Владеет минимально навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали, допуская ряд ошибок	Хорошо владеет навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали, допуская незначительные ошибки	В совершенстве владеет навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали

**КАРТА**  
**обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой**

Дисциплина **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ**  
Код, направление подготовки **21.03.01 НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО**  
Направленность **ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Аргатов, И. И. Основы теории упругого дискретного контакта [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. И. Аргатов, П. Н. Дмитриев. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Политехника, 2016. — 234 с. — 978-5-7325-1111-6. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/59968.html">http://www.iprbookshop.ru/59968.html</a>	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>	25	100	+
2	Киреев, В.И. Численные методы в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 448 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/65043">https://e.lanbook.com/book/65043</a> .	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	25	100	+
3	Новожилов, В. В. Теория упругости [Электронный ресурс] / В. В. Новожилов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Политехника, 2012. — 409 с. — 978-5-7325-0956-4. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/15914.html">http://www.iprbookshop.ru/15914.html</a>	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>	25	100	+
4	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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/20141.html">http://www.iprbookshop.ru/20141.html</a>	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>	25	100	+
5	Бубнов, В.А. Линейная алгебра: компьютерный практикум [Текст] / В.А. Бубнов, Г.С. Толстова, О.Е. Клеменеева.- Москва: Лаборатория базовых знаний, 2002.- 104 с.:ил.	40	25	100	-
6	Методы численного расчета напряженно-деформированного состояния оборудования : методические указания по изучению дисциплины «Методы численного расчета напряженно-деформированного состояния оборудования» и организации самостоятельной работы обучающихся по направлению 15.06.01 «Машиностроение», направленность (профиль) 3 «Машины, агрегаты и процессы» (нефтегазовая	ЭР*	25	100	+

	отрасль) квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь» / ТИУ ; сост. К. В. Сызранцева. - Тюмень : ТИУ, 2018. - 16 с. - <a href="http://webirbis.tsogu.ru/">http://webirbis.tsogu.ru/</a>				
--	--	--	--	--	--