

**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**

Председатель КСН

Ю.В. Ваганов

« 09 » июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Численные методы теории упругости и механики  
разрушения

направление подготовки: 21.03.01 Нефтегазовое дело

направленность: Эксплуатация и обслуживание технологических  
объектов нефтегазового производства

форма обучения: очная/очно-заочная

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 08.06.2020 г. и требованиями ОПОП 21.03.01 Нефтегазовое дело, профиль «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства» к результатам освоения дисциплины «Численные методы теории упругости и механики разрушения»

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Нефтегазовое дело»

Протокол № 7 от «09» июня 2020 г.

и.о. заведующего кафедрой \_\_\_\_\_  Н.Н. Савельева

СОГЛАСОВАНО:

и.о. заведующего кафедрой \_\_\_\_\_  Н.Н. Савельева

«09» июня 2020 г.

Рабочую программу разработал:

Казаринов Ю.И., к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ 

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины «Численные методы теории упругости и механики разрушения» является формирование системы знаний о напряженно-деформированном состоянии твердых тел и компьютерном анализе нагруженности и деформативности элементов нефтегазового оборудования.

Задачи дисциплины: сформировать систему знаний о методе конечных элементов, применяемого для решения задач теории упругости и механики разрушения элементов нефтегазового оборудования; овладеть навыками работы с современным программным обеспечением метода конечных элементов.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина 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	ПКС-2.31 - знать соответствие методов диагностики деталей технологического оборудования и критериев работоспособности и расчета деталей
		ПКС-2.У1 - уметь выбирать методы диагностики технологического оборудования
		ПКС-2.В1 - владеть навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали

### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практическ	Лабораторные		

			ие занятия	занятия		
Очно-заочная	3/6	18	18	-	72	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 5.1.2

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	№ раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Теория упругости. Виды напряженного состояния	2	2	-	8	12	ПКС-2.5	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса
2	2	Одномерные, двумерные и трехмерные задачи теории упругости. Тензор напряжений.	2	2	-	8	12	ПКС-2.5	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса
3	3	Численные методы теории упругости: МКР, МКЭ, МГЭ. Основное уравнение МКЭ.	2	2	-	13	17	ПКС-2.5	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса
4	4	Основные этапы конечно-элементного анализа и их программная реализация	4	5	-	14	23	ПКС-2.5	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса
5	5	Расчетные схемы для анализа прочности и жесткости деталей и их особенности	4	4	-	14	22	ПКС-2.5	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса
6	6	Анализ результатов конечно-элементного анализа, выполнение оптимизации конструкций в соответствии с выбранными	4	3	-	15	22	ПКС-2.5	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	№ раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
		критериями работоспособности							
	Итого:		18	18	-	72	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
		ОФО	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:		-	18	

*Практические занятия*

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.		Тема практического занятия
		ОФО	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	-	5	Решение задач по описанию геометрии детали, ее дискретизация, заданию граничных условий. Изучение особенностей программной реализации МКЭ.
5	5	-	4	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	-	3	Решение МКЭ задач расчета напряженно-деформированного состояния деталей. Выполнение оптимизации конструкций деталей в соответствии с заданным критерием их работоспособности.
Итого:		-	18	

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

*Самостоятельная работа студента*

Таблица 5.2.4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.		Тема	Вид СРС
		ОФО	ОЗФО		
1	1-2	-	16	Достоинства и недостатки современных программных пакетов, реализующих численные методы теории упругости	Подготовка к выполнению практических занятий и опросу по разделам
2	3	-	13	Примеры конечно-элементного анализа деталей нефтегазового оборудования.	Подготовка к выполнению практических занятий и опросу по разделам
3	4-5	-	29	Повышение надежности нефтегазового оборудования; оптимизация и модернизация деталей машин с помощью компьютерного анализа	Подготовка к выполнению практических занятий и опросу по разделам
4	6	-	14	Анализ результатов конечно-элементного	Подготовка к выполнению

				анализа, выполнение оптимизации конструкций в соответствии с выбранными критериями работоспособности. Методы диагностики деталей в зависимости от критериев их работоспособности.	практических занятий и опросу по разделам
Итого:	-	72		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 и очной-заочной форм обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

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

### 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

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 и очной-заочной форм обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1	2	3
1 текущая аттестация		
1.1	Защита результатов выполнения практических занятий по разделам 1 и 2	10
1.2	Опрос по разделам 1 и 2 дисциплины	10
ИТОГО за первую текущую аттестацию		20
2 текущая аттестация		
2.1	Защита результатов выполнения практических занятий по разделам 3 и 4	10
2.2	Опрос по разделам 3 4 дисциплины	10
ИТОГО за вторую текущую аттестацию		20
3 текущая аттестация		
3.1	Защита результатов выполнения практических занятий по разделам 5 и 6	10
3.2	Опрос по разделам 5 и 6 дисциплины	10
ИТОГО за третью текущую аттестацию		20
4	Зачет	40
<b>ВСЕГО</b>		<b>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:

Информационные ресурсы

1. Полнотекстовая база данных ТИУ <http://elib.tsogu.ru/>
2. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>
3. Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU <http://www.elibrary.ru>
4. ЭБС «Юрайт» <https://www.biblio-online.ru>
5. ЭБС «Библиокомплектатор» <http://bibliokomplektator.ru/>
6. Национальный Электронно-Информационный Консорциум (НЭИКОН)
7. Международный европейский индекс цитирования в области гуманитарных наук European Reference Index for the Humanities (ERIH)
8. Международные реферативные базы научных изданий <http://www.scopus.com>
9. Библиотека технических статей по разработке нефтяных и газовых месторождений Общества инженеров-нефтяников SPE
10. [POLPRED.com](http://POLPRED.com) Обзор СМИ
11. База данных Роспатент

Полезные ссылки на другие электронные ресурсы

12. Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина <http://elib.tsogu.ru/>



13. Библиотека Уфимского государственного нефтяного технического университета <http://elib.tsogu.ru/>  
 14. Научно-техническая библиотека Ухтинского государственного технического университета <http://elib.tsogu.ru/>  
 15. Библиотека Альметьевского государственного нефтяного института  
 16. Поисковые системы Google, Yandex, Rambler

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства: 1С Предприятие (учебная версия); КОМПАС-3D LT 12v (учебная версия); AutoCAD 2017 (учебная версия); Scilab (бесплатная программа); Free Pascal (бесплатная программа); Microsoft Windows 7; Microsoft Office 2010.

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Таблица 10.1

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины (демонстрационное оборудование)
1	ауд. 308. Учебная аудитория для проведения учебных занятий. Аудиторная (меловая) доска, трибуна для чтения лекций, столы, стулья, столы компьютерные, стул компьютерный крутящийся, стеллаж металлический	Персональные компьютеры, проектор Acer, мультимедийный экран, колонки

### 10. Методические указания по организации СРС

11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

1. Сызранцева К.В. Компьютерный анализ нагруженности и деформативности элементов нефтегазового оборудования [Текст] / К.В. Сызранцева; ТюмГНГУ. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 122 с.

2. Оценка напряженно-деформированного состояния деталей методом конечных элементов: метод. указ. к практическим занятиям для обучающихся направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» очной и заочной форм обучения / сост. К. В. Сызранцева; Тюменский индустриальный университет.- Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2017– 16 с.

3. Аппроксимация экспериментальных данных: метод. указ. к практическим занятиям для обучающихся направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» очной и заочной форм обучения / сост. К. В. Сызранцева; Тюменский индустриальный университет.- Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2017 – 16 с.

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 результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения				
		1-2	3	4	5	
ПКС-2.5 Обосновывает выбор методов диагностики и технического обслуживания в соответствии с требованиями промышленной безопасности и охраны труда	Знать: 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	Демонстрирует отдельные знания по методам диагностики деталей технологического оборудования и критериям работоспособности и расчета деталей	Демонстрирует достаточные знания по методам диагностики деталей технологического оборудования и критериям работоспособности и расчета деталей	Демонстрирует исчерпывающие знания по методам диагностики деталей технологического оборудования и критериям работоспособности и расчета деталей	
	Уметь: выбирать методы диагностики технологического оборудования	Не умеет выбирать методы диагностики технологического оборудования	Умеет 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	
	Владеть: 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 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 их	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. Клеменева.- 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 отрасль) квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь» / ТИУ ; сост. К. В. Сызранцева. - Тюмень : ТИУ, 2018. - 16 с. - <a href="http://webirbis.tsogu.ru/cgi-bin/irbis64r_plus/cgiirbis_64_ft.exe?C21COM=2&amp;I21">http://webirbis.tsogu.ru/cgi-bin/irbis64r_plus/cgiirbis_64_ft.exe?C21COM=2&amp;I21</a>	<a href="http://webirbis.tsogu.ru">http://webirbis.tsogu.ru</a>	25	100	+

<u>DBN=READB_FULLTEXT&amp;P21DBN=READB&amp;Z21 ID=1882171405318101217&amp;Image_file_name=%5C2 018%5C18- 1464%2Epdf&amp;Image_file_mfn=248794&amp;IMAGE_FIL E_DOWNLOAD=0&amp;IMAGE_DOWNLOAD_TEXT= 1#search=%22Численные%20методы%20теории%20 упругости%20и%20механики%20разрушения%22</u>				
---	--	--	--	--

И.о. заведующего кафедрой           *fn*           Н.Н. Савельева

«09» июня 2020 г.