

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич  
Должность: и.о. ректора  
Дата подписания: 27.04.2024 16:06:19  
Уникальный программный ключ:  
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Председатель КСН

  
Ю.В. Ваганов  
« 30 » 08 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплина: **Численные методы теории упругости и механики разрушения**

направление подготовки 21.03.01 **Нефтегазовое дело**

профиль: Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства

форма обучения: очная

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 30.08.2021 и требованиями ОПОП по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело, направленности «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства» к результатам освоения дисциплины «Численные методы теории упругости и механики разрушения».

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности.

Протокол № 1 от «30» августа 2021 г.

Заведующий кафедрой МОП \_\_\_\_\_ В.Н.Сызранцев



СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы \_\_\_\_\_ А.Л. Пимнев



«30» августа 2021 г.

Рабочую программу разработала:

К.В. Сызранцева, д.т.н, профессор

## 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/модуля 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.

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

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

## 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	Практические занятия	Лабораторные занятия		
очная	3/5	18	34	-	56	зачет

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Структура дисциплины.

#### очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

№ п / п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Контроль	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	№ раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Теория упругости. Одномерные, двумерные и трехмерные задачи теории упругости. Тензор напряжений.	3	-	-	10	-	13	ПКС-2.5 (31)	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса
2	2	Численные методы теории упругости: МКР, МКЭ, МГЭ. Основное уравнение МКЭ.	4	4	-	10	-	18	ПКС-2.5 (31)	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса
3	3	Основные этапы конечно-элементного анализа и их программная реализация	2	10	-	10	-	22	ПКС-2.5 (31)	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса
4	4	Расчетные схемы для анализа прочности и жесткости деталей и их особенности	4	10	-	10	-	24	ПКС-2.5 (У1)	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса
5	5	Анализ результатов конечно-элементного анализа, выполнение оптимизации конструкций в соответствии с выбранными критериями работоспособности	5	10	-	16	-	31	ПКС-2.5 (В.1)	Результаты выполнения практических занятий, вопросы для опроса
6	Зачет		-	-	-	-	-	-		Вопросы к зачету
Итого:			18	34	-	56	-	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. Виды деформирования деталей: кручение, изгиб, растяжение, температурное деформирование. Осесимметричные задачи. Тензор напряжений. Главные напряжения.

##### Раздел 2. 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 3. Основные этапы конечно-элементного анализа.*

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

*Раздел 4. 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 5. 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	
1	1	3	Компоненты напряжений. Закон Гука. Условия равновесия. Плоское напряженное состояние и плоская деформация. Одномерные, плоские и объемные задачи теории упругости. Виды деформирования деталей: кручение, изгиб, растяжение, температурное деформирование. Осесимметричные задачи. Тензор напряжений. Главные напряжения.
2	2	4	Метод конечных разностей, Метод конечных элементов, Метод граничных элементов. Типы конечных элементов. Вывод основного уравнения МКЭ для решения задач теории упругости.
3	3	2	Описание геометрии детали, ее дискретизация, задание граничных условий, решение системы дифференциальных уравнений, анализ результатов. Особенности программной реализации МКЭ.
4	4	4	Расчетные схемы для анализа прочности и жесткости деталей и их особенности. Виды граничных условий при описании деформирования конструкции.
5	5	5	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	
1	2	4	Решение задач по расчету плоского напряженного состояния и плоской деформации методами теории упругости.
2	3	10	Решение задач по описанию геометрии детали, ее дискретизация, заданию граничных условий. Изучение особенностей программной реализации МКЭ.

3	4	10	Решение задач по составлению расчетных схем для анализа прочности и жесткости деталей. Изучение особенностей задания различных видов граничных условий при описании деформирования конструкции.
4	5	10	Решение МКЭ задач расчета напряженно-деформированного состояния деталей. Выполнение оптимизации конструкций деталей в соответствии с заданным критерием их работоспособности.
Итого:		34	-

*Лабораторные работы* – учебным планом не предусмотрены

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час	Наименование лабораторных работ
		ОФО	
Итого:		X	X

*Самостоятельная работа студента*

Таблица 5.2.4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час	Тема	Вид СРС
		ОФО		
1	1-2	20	Достоинства и недостатки современных программных пакетов, реализующих численные методы теории упругости	Подготовка к выполнению практических занятий и опросу по разделам
2	2-3	20	Примеры конечно-элементного анализа деталей нефтегазового оборудования.	Подготовка к выполнению практических занятий и опросу по разделам
3	5	16	Повышение надежности нефтегазового оборудования; оптимизация и модернизация деталей машин с помощью компьютерного анализа	Подготовка к выполнению практических занятий и опросу по разделам
4	1-5			Подготовка к зачету
Итого:		56		

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 формы 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	<b>20</b>
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	<b>20</b>
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	<b>20</b>
4	Зачет	<b>40</b>
	<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:

- ЭБС «Издательства Лань»;
- ЭБС «Электронного издательства ЮРАЙТ»;
- Собственная полнотекстовая база (ПБД) БИК ТИУ;
- Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU»;
- ЭБС «IPRbooks»;
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина;
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГНТУ (г. Уфа);
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГТУ (г. Ухта);
- ЭБС «Консультант студент».

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

1. MicrosoftOfficeProfessionalPlus;
2. MathCad 14.
3. Windows 8
4. Оригинальное программное обеспечение XenSys по расчету напряженно-деформированного состояния деталей методом конечных и граничных элементов, разработанное в ТИУ

профессором кафедры «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности» д.т.н. К.В.Сызранцевой.

### 9.3. 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	Компьютерный класс (персональные компьютеры)	проектор, экран

### 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

Профиль 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 технологического оборудования в соответствии с требованиями промышленной безопасности и охраны труда	Знать: <i>Соответствие методов диагностики деталей технологического оборудования и критериев работоспособности и расчета деталей (31)</i>	<i>Не знает методов диагностики деталей технологического оборудования и критериев работоспособности и расчета деталей</i>	<i>Демонстрирует отдельные знания по методам диагностики деталей технологического оборудования и критериям работоспособности и расчета деталей</i>	<i>Демонстрирует достаточные знания по методам диагностики деталей технологического оборудования и критериям работоспособности и расчета деталей</i>	<i>Демонстрирует исчерпывающие знания по методам диагностики деталей технологического оборудования и критериям работоспособности и расчета деталей</i>
	Уметь: <i>выбирать методы диагностики технологического оборудования (У1)</i>	<i>Не умеет выбирать методы диагностики технологического оборудования</i>	<i>Умеет выбирать методы диагностики технологического оборудования, допуская значительные неточности и погрешности</i>	<i>Умеет выбирать методы диагностики технологического оборудования, допуская незначительные неточности</i>	<i>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 (В1)</i>	<i>Не владеет навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали</i>	<i>Владеет навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали, допуская ряд ошибок</i>	<i>Хорошо владеет навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали, допуская незначительные ошибки</i>	<i>В совершенстве владеет навыками выбора материала детали и назначения допустимой нагрузки в соответствии с режимом эксплуатации детали</i>

## КАРТА

## обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина Численные методы теории упругости и механики разрушенияКод, направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое делоПрофиль: Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИ К	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта ЭБС (+/-)
1	Сызранцева К.В. Компьютерный анализ нагруженности и деформативности элементов нефтегазового оборудования [Текст] / К.В. Сызранцева; ТюмГНГУ. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 122 с.	15	15	100	+
2	Бочарников В.Ф. Справочник мастера по ремонту нефтегазового технологического оборудования. Том 1. Учебно-практическое пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. - Вологда: «ИнфраИнженерия», 2016. – 576 с.	15	15	100	+
3	<b>Эксплуатация и ремонт</b> машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов [Текст]: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 130602 "Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов" направления подготовки специалистов 130600 "Оборудование и агрегаты нефтегазового производства" / И. Ю. Быков [и др.]. - М. : ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. - 366 с.	45	15	100	-
4	Морозов Е.М., Муйземнек А.Ю., Шадский А.С. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения. - М.: ЛЕНАНД, 2008. - 456с.	1	15	10	-

Руководитель образовательной программы



А..Л. Пимнев

Директор БИК \_\_\_\_\_

Д.Х. Каюкова

« 30 » 08 2021 г.

М.П.

*Сотеевский А.И. М.П. Сотеевский*



