

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Бугульминский филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Директор БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Т.М. Рахимова
2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ДВ.11.2 «Механика деформируемого твердого тела»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки «Оборудование нефтегазопереработки»

Квалификация выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения заочная

Кафедра-разработчик рабочей программы ТМО

Курс, семестр 4 курс, 7 семестр

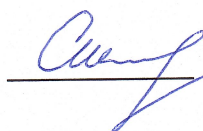
	Часы	Зачетные единицы
Лекции	8	0,2
Практические занятия	-	-
Семинарские занятия	-	-
Лабораторные занятия	6	0,2
Самостоятельная работа	85	2,35
Форма аттестации	экзамен – (9)	0,25
Всего	108	3

Бугульма, 2019 г.

Рабочая программа составлена на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации №1170 от 20 октября 2015г.) по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» для профиля «Оборудование нефтегазопереработки», на основании учебного плана набора обучающихся 2019 года.

Разработчик программы:

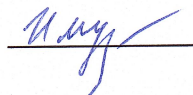
Дойент кафедры ТМО



С.В. Шафиева

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТМО протокол от 31.05 2019 г. № 10

Зав.кафедрой ТМО

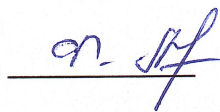


И.А. Мутугуллина

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии филиала, реализующего подготовку образовательной программы от 31.05 2019 г. № 8

Председатель комиссии, доцент



Ф.К. Ахмедзянова

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» являются:

а) *ознакомить с основными понятиями и методами решения задач механики деформируемого твердого тела;*

б) *ознакомить с основами метода конечных элементов, используемого для решения задач механики деформируемого твердого тела;*

в) *научить приемам построения математических моделей конструктивных элементов сосудов, работающих под давлением;*

г) *научить приемам получения решения посредством математических моделей и анализа адекватности данных решений;*

д) *научить проводить оценку прочности, долговечности и остаточного ресурса конструктивных элементов сосудов, работающих под давлением на основании полученных численных решений и критериев механики деформируемого твердого тела.*

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Механика деформируемого твердого тела» относится к дисциплинам по выбору студента ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» бакалавр по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

а) *Б1.Б.10 «Теоретическая механика»;*

б) *Б1.Б.12 «Сопротивление материалов»;*

в) *Б1.Б.14 «Материаловедение»;*

г) *Б1.В.ОД.8 «Методы физического и математического моделирования»;*

Дисциплина «Механика деформируемого твердого тела» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

а) *Б1.Б.19 «Основы проектирования»;*

б) *Б1.В.ОД.10 «Теплообмен»;*

в) *Б1.В.ОД.11 «Процессы и аппараты химической технологии»;*

г) *Б1.В.ОД.12 «Конструирование и расчет элементов оборудования»;*

д) *Б1.В.ДВ.6.1 «Обработка экспериментальных данных»;*

е) *Б1.В.ДВ.6.2 «Основы теории эксперимента»;*

ж) *Б1.Б.20 «Основы технологии машиностроения»;*

з) *Б1.В.ДВ.5.1 «Современные методы расчёта механики сплошных сред»;*

и) Б1.В.ДВ.5.2 «Математическое моделирование химико-технологических процессов».

Знания, полученные при изучении дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» могут быть использованы при прохождении *Учебной практики (практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности), Производственной практики (практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности), Преддипломной практики* и выполнении и *Защите выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.*

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

1. (ПК-3) способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машин и оборудования;
2. (ПК-4) способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности;
3. (ПК-5) способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
4. (ПК-15) умением выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

- а) основные понятия, используемые в механике деформируемого твердого тела;
- б) основные закономерности, используемые для описания напряженно - деформированного состояния твердых тел;
- в) основы метода конечных элементов для решения задач деформированного твердого тела;

2) Уметь:

- а) выбирать расчетные схемы для задач механики деформируемого твердого тела с учетом конструктивных особенностей и действующих нагрузок;

б) осуществлять выбор методов решения задач механики деформированного твердого тела;

в) проводить оценку прочности, долговечности и остаточного ресурса конструктивных элементов сосудов, работающих, под давлением на основании полученных решений;

3) Владеть:

а) классическими аналитическими методами решения задач механики деформируемого твердого тела;

б) приемами построения математических моделей элементов сосудов, работающих, под давлением с использованием численного метода конечных элементов;

в) приемами получения численных решений и оценки прочности, долговечности и остаточного ресурса.

4. Структура и содержание дисциплины «Механика деформируемого твердого тела»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
1	Основные понятия механики деформируемого твердого тела.	8	0,5			9	Опрос на лекции
2	Основные допущения и упрощения при построении расчетной схемы реального объекта.	8	0,5			9	Опрос на лекции
3	Внешние силы.	8	1			9	Опрос на лекции
4	Внутренние силы, напряжения. Осевое растяжение - сжатие. Диаграмма растяжения.	8	1			9	Опрос на лекции
5	Механические свойства материалов. Теория напряженного состояния. Линейное, плоское, объемное напряженное состояние.	8	1		2	9	Выполнение и защита лабораторной работы
6	Обобщенный закон Гука. Удельная потенциальная энергия деформации.	8	1			10	Опрос на лекции
7	Теории прочности. Модели пластичности. Деформационная теория пластичности. Теория пластического течения.	8	1		2	10	Выполнение и защита лабораторной работы
8	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела.	8	1		2	10	Выполнение и защита лабораторной работы

	Алгоритм формирования матрицы жесткости элемента и получения решения, функции формы элемента.						работы
9	Упруго – пластический анализ. Оценка прочности, долговечности и остаточного ресурса.	8	1			10	Опрос на лекции
ИТОГО		8			6	85	
Форма аттестации							Экзамен (9 часов)

5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основные понятия механики деформируемого твердого тела.	0,5	Предмет и метод механики деформируемого твердого тела.	Постановка задач механики деформируемого твердого тела. Геометрически и физически нелинейные задачи.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
2	Основные допущения и упрощения при построении расчетной схемы реального объекта.	0,5	Расчетная схема реального объекта	Гипотеза сплошности и однородности: Гипотеза об идеальной упругости материала: Гипотеза об изотропности материала. Гипотеза о малости деформаций: Допущение о справедливости закона. Принцип независимости действия сил (суперпозиции). Гипотеза плоских сечений: Принцип Сен-Венана.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
3	Внешние силы.	1	Внешние силы	Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
4	Внутренние силы, напряжения. Осевое растяжение и сжатие. Диаграмма растяжения.	1	Осевое растяжение и сжатие	Определение продольной силы. Нормальные напряжения при осевом растяжении и сжатии. Деформации при осевом растяжении и сжатии. Диаграмма сжатия. Особенности разрушения при сжатии	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
5	Механические свойства материалов. Теория напряженного состояния. Линейное, плоское, объемное напряженное состояние.	1	Теория напряженного состояния.	Испытания материалов. Механические характеристики материалов. Виды напряженного состояния. Плоское напряженное состояние. Объемное напряженное состояние.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
6	Обобщенный закон Гука. Удельная потенциальная энергия деформации.	1	Обобщенный закон Гука	Различные формы записи обобщенного закона Гука. Закон Гука в форме Ляме. Закон Гука для шаровых тензоров и девиаторов. Работа внешних сил и потенциальная энергия деформаций. Энергия изменения объема и энергия изменения формы	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15

7	Теории прочности. Модели пластичности. Деформационная теория пластичности. Теория пластического течения.	1	Основные соотношения математической теории пластичности	Определяющие уравнения теории пластичности. Критерий текучести. Поверхность и кривая текучести. Поверхность нагружения. Критерий текучести Треска. Критерий текучести Мизеса. Модели упрочнения. Деформационная теория пластичности.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
8	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела. Алгоритм формирования матрицы жесткости элемента и получения решения, функции формы элемента.	1	Метод конечных элементов (МКЭ) и его применение к статическим и динамическим задачам механики	Построение конечно-элементных схем в форме метода перемещений. Основные соотношения МКЭ, построение матриц жесткости. Типы конечных элементов. Методы решения больших систем алгебраических уравнений, порожденных МКЭ. Применение метода конечных элементов к решению задач упругости и пластичности.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
9	Упруго-пластический анализ. Оценка прочности, долговечности и остаточного ресурса.	1	Методы оценки Конструкционной прочности трубопроводов	Диагностика технического состояния трубопроводов. Требования по расчету остаточного ресурса. Расчет остаточного ресурса участка трубопровода по коррозионному износу. Расчет остаточного ресурса участка трубопровода с учетом механохимической коррозии. Оценка долговечности и прогнозирование остаточного ресурса.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15

6. Содержание практических занятий

Не предусмотрены учебным планом.

7. Содержание лабораторных занятий

Цель проведения лабораторных занятий – приобретение опыта, осуществления выбора методов решения задач механики деформированного твердого тела

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
5	Механические свойства материалов. Теория напряженного состояния. Линейное, плоское, объемное напряженное состояние.	2	Структурный анализ плоских механизмов	Определение числа степеней свободы механизма. Разделение механизма на структурные группы. Определение класса механизма	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
7	Теории прочности. Модели пластичности. Деформационная теория	2	Анализ различных теорий пластичности	Жесткопластические модели: Модель Закса. Модель Тейлора. Модель Бишопа–Хилла.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15

	пластичности. Теория пластического течения.			Упругопластическ е модели: Модель Линя. Вязкоупругие и вязкопластические модели. Упруговязкопласти ческие модели.	
8	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела. Алгоритм формирования матрицы жесткости элемента и получения решения, функции формы элемента.	2	Особенности рациональной дискретизации при использовании метода конечных элементов	Методы решения больших систем алгебраических уравнений, порожденных МКЭ. Применение метода конечных элементов к решению задач упругости и пластичности.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15

Лабораторные работы проводятся в помещении учебной лаборатории кафедры ТМО с использованием специального лабораторного оборудования.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Основные понятия механики деформируемого твердого тела.	9	Проработка материала, подготовка к опросу	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
2	Основные допущения и упрощения при построении расчетной схемы реального объекта.	9	Проработка материала, подготовка к опросу	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
3	Внешние силы.	9	Проработка материала, подготовка к опросу	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
4	Внутренние силы, напряжения. Осевое растяжение сжатие. Диаграмма растяжения.	9	Проработка материала, подготовка к опросу	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
5	Механические свойства материалов. Теория напряженного состояния. Линейное, плоское, объемное напряженное состояние.	9	Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15
6	Обобщенный закон Гука. Удельная	10	Проработка материала, подготовка к опросу	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15

	потенциальная энергия деформации.			
7	Теории прочности. Модели пластичности. Деформационная теория пластичности. Теория пластического течения.	10	<i>Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета</i>	<i>ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15</i>
8	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела. Алгоритм формирования матрицы жесткости элемента и получения решения, функции формы элемента.	10	<i>Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета</i>	<i>ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15</i>
9	Упруго-пластический анализ. Оценка прочности, долговечности и остаточного ресурса.	10	<i>Проработка материала, подготовка к опросу</i>	<i>ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15</i>

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы определяются их сложностью. 9-ый семестр завершается проставлением оценки и соответствующего ей числа баллов (24÷40); Оценка каждого вида работы приведена в таблице.

При изучении дисциплины предусматривается экзамен, выполнение и защита лабораторных работ, опрос. За эти контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
<i>Опрос</i>	<i>3</i>	<i>9</i>	<i>15</i>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>3</i>	<i>27</i>	<i>45</i>
<i>Экзамен</i>	<i>1</i>	<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

10.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Варданян, Г.С. Прикладная механика: применение методов теории подобия и анализа размерностей к моделированию задач механики деформируемого твердого тела: учебное пособие. / Г.С. Варданян. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 168 с.	ЭБС ZNANIUM.COM http://znanium.com/bookread2.php?book=533262 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
2. Иванов, Н.Б. Теория деформируемого твердого тела: тексты лекций / Н.Б. Иванов; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань: Издательство КНИТУ, 2013. - 124 с.	ЭБС «Университетская библиотека онлайн» http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=258827 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

10.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Маковкин, Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела: учебное пособие / Г.А. Маковкин, С.Ю. Лихачева; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВПО ННГАСУ). - Нижний Новгород: ННГАСУ, 2012. - Ч. 1. - 72 с.	ЭБС «Университетская библиотека онлайн» http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=427425 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
2. Стрекалов, Ю.А. Физика твердого тела: учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.	ЭБС ZNANIUM.COM http://znanium.com/bookread2.php?book=363421 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
3. Чечуев, В.Я. Элементы физики твердого тела: учеб. пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; В.Я. Чечуев, С.В. Викулов, И.М. Дзю. - Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2012. - 160 с.	ЭБС ZNANIUM.COM http://znanium.com/bookread2.php?book=516882 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» использование электронных источников информации:

1. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» - режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
2. ЭБС ZNANIUM.COM - режим доступа: <http://znanium.com/>

3. Сайт лаборатории моделирования в механике деформируемого твердого тела Института проблем механики РАН [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://www.ipmnet.ru/>

4. Механика деформируемого твердого тела [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://mechmath.ipmnet.ru/mech/solid/>

5. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс] – режим доступа: http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.14.2

Согласовано:

Библиотекарь БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»



А.Г. Латыпова

11. Оценочные средства для определения результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

Для реализации учебного процесса по дисциплине Механика деформируемого твердого тела требуется следующее материально-техническое обеспечение:

Наименование раздела (темы) дисциплины	Наименование учебной лаборатории, аудитории, класса	Перечень лабораторного оборудования, специализированной мебели и технических средств обучения
1-9	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (К, 104)	- мультимедийный проектор; - ноутбук; - настенный экран; - акустические колонки; - учебные столы, стулья; - доска; - стол преподавателя, - учебно – наглядные пособия.
	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (К, 215)	- персональный компьютер (1); - учебные столы, стулья.
	Помещение для самостоятельной работы обучающегося (К, 318)	- персональный компьютер (1); - учебные столы, стулья.

13. Образовательные технологии

1. Лекции. Наряду с традиционными видами лекционных занятий, также используются лекция-визуализация (с использованием различных форм наглядности:

презентации по дисциплине, мультимедиа, рисунки, фото, схемы и таблицы); лекция-консультация (осуществляемая в формате «вопросы – ответы»).

2. Лабораторные занятия.

3. При организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: самообучение (индивидуальная и групповая самостоятельная работа – изучение базовой и дополнительной литературы, подготовка к практическим занятиям).

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела»
(наименование дисциплины)

пересмотрена на заседании кафедры

(наименование кафедры)

№ п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры №__ от __.____ 20__)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработчика РП	Подпись заведующего кафедрой	Подпись начальника УМО
		нет	Нет/есть*			