

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)  
 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
 высшего образования  
 «Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
 (НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

« 30 » мая 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.О.13 «Механика деформируемого твердого тела»

Направление подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование»  
 (шифр) (наименование)

Профиль/программа Химическое машино- и аппаратостроение

Квалификация выпускника магистр

Форма обучения очная, очно-заочная

Факультет механический

Кафедра-разработчик рабочей программы МАХП

Форма обучения	очная		очно-заочная	
Курс, семестр	1	1	1	2
	часы	з.е.	часы	з.е.
Лекции	9	0,25	8	0,222
Лабораторные занятия	18	0,5	16	0,444
Практические занятия	18	0,5	16	0,444
Самостоятельная работа	54	1,5	61	1,694
Контроль самостоятельной работы	18	0,5	16	0,444
Форма аттестации - экзамен	27	0,75	27	0,75
Всего	144	4,0	144	4,0

Нижнекамск, 2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований  
Федерального государственного образовательного стандарта высшего  
образования (Приказ Минобрнауки России № 1026 от 14.08.2020 г.)

(номер, дата утверждения)

по направлению 15.04.02 «Технологические машины и оборудование»  
(шифр) (наименование)

на основании учебного плана набора обучающихся 2022 года набора.

Разработчик программы:

доцент каф. МАХП

(должность)



(подпись)

И.А. Сабанаев

(И.О. Фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МАХП  
протокол № 8 от «12» апреля 2022 г.

Заведующий кафедрой



(подпись)

И.Н. Мадышев

(И.О. Фамилия)

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Б1.О.13 «Механика деформируемого твердого тела» являются:

- а) формирование знаний о методах расчета напряжений и деформаций в твердом теле под действием внешних нагрузок;
- б) обучение технологии получения рациональных конструкций и деталей химического оборудования, эффективно сопротивляющихся внешним нагрузкам;
- в) обучение способам применения теоретических моделей к расчету и проектированию реальных элементов оборудования;
- г) раскрытие сущности процессов упругого сопротивления твердого тела воздействию внешних нагрузок.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.О.13 «Механика деформируемого твердого тела» относится к группе дисциплин ***по выбору*** студента из вариативной части ОП и формирует у магистров по направлению 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения ***научно-исследовательской, проектно-конструкторской и педагогической видов деятельности.***

Для успешного освоения дисциплины Б1.О.13 «Механика деформируемого твердого тела» магистр по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование должен освоить материал предшествующих дисциплин, включенных в учебный план подготовки бакалавров:

- а) материаловедение;*
- б) прикладная механика.*

Дисциплина Б1.О.13 «Механика деформируемого твердого тела» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) Б1.В.03 Современные методики разработки машин, приводов и систем;*
- б) Б1.О.05 Современные программные комплексы для расчета оборудования.*

Знания, полученные при изучении дисциплины Б1.О.13 «Механика деформируемого твердого тела» могут быть использованы при прохождении практики - Научно-исследовательская работа и выполнении магистерской диссертации по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК-5	Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов;
ОПК-5.1	Знает теоретические основы аналитических и численных методов решения задач математического моделирования машин и технологических процессов.
ОПК-5.2	Умеет разрабатывать аналитические и численные методы решения задач математического моделирования машин и технологических процессов.

ОПК-5.3	Владеет навыками и приемами разработки аналитических и численных методов решения задач математического моделирования машин и технологических процессов.
ОПК-9	Способен разрабатывать новое технологическое оборудование;
ОПК-9.1	Знает теоретические основы методов расчета и проектирования нового технологического оборудования.
ОПК-9.2	Умеет рассчитывать и проектировать отдельные узлы и целые агрегаты нового технологического оборудования.
ОПК-9.3	Владеет методами расчета и проектирования, а также навыками разработки нового технологического оборудования.

***В результате освоения дисциплины обучающийся должен:***

- 1) *Знать*: а) основы теории деформированного и напряженного состояния твердого тела при воздействии нагрузки;  
 б) основные модели разрушения твердого тела и влияние различных факторов на прочность и жесткость конструкций;  
 в) способы расчета на прочность, жесткость и устойчивость основных элементов химического и нефтехимического оборудования.
- 2) *Уметь*: а) выбирать методы проведения расчетов в соответствии с конкретной моделью поведения твердого тела при воздействии внешних нагрузок;  
 б) разрабатывать алгоритмы расчетов элементов оборудования при заданной внешней нагрузке;  
 в) использовать лабораторные методы испытания опытных образцов материалов для расчета химического оборудования;  
 г) эффективно представлять результаты расчетов в текстовой и графической формах.
- 3) *Владеть*: а) терминологией механики деформируемого твердого тела;  
 б) навыками расчета и проектирования элементов оборудования на основе методов механики твердого тела;  
 в) технологией проведения испытаний материалов с целью определения его механических характеристик.

#### 4. Структура и содержание дисциплины Б1.О.13 «Механика деформируемого твердого тела»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

##### Очная/очно-заочная формы

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	СРС	КСР	
1	Основные понятия, допущения и схематизация механики деформируемого твердого тела	1	1	6	-	9	3	Тест, экзамен
2	Теория напряженного состояния – расчетные модели при различных видах напряженного состояния	1	1	6	-	9	3	Контрольная работа, экзамен
3	Деформации и потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии	1	1	6	-	9	3	реферат, экзамен
4	Механика разрушения и модели пластичности твердого тела	1	2	-	6	5	3	собеседование, экзамен
5	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела	1	2	-	6	5	3	собеседование, экзамен
6	Упругопластичная модель материала – расчет на прочность по предельному состоянию	1	2	-	6	5	3	Кейс-задача, экзамен
	Форма аттестации							экзамен
	Итого 144 ч.	-	9/8	18/16	18/16	54/61	18/16	27

#### 5. Содержание лекционных занятий по темам

##### Очная/очно-заочная формы

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Основные понятия, допущения и схематизация механики деформируемого твердого тела	1/1	Основные понятия, допущения и схематизация механики деформируемого твердого тела	Цели и задачи предмета. Основные определения и терминология. Гипотезы и допущения механики деформируемого тела. Понятие схематизации. Основные направления схематизации. Схематизация внутренних сил. Модели поведения материала	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3

				при действии внешних сил.	
2	Теория напряженного состояния – расчетные модели при различных видах напряженного состояния	1/1	Теория напряженного состояния – расчетные модели при различных видах напряженного состояния	Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Напряженное состояние бруса. Уравнения Навье. Главные напряжения. Виды напряженных состояний. Прямая и обратная задачи напряженного состояния. Шаровой тензор и девiator напряжений.	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
3	Деформации и потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии	1/1	Деформации и потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии	Связь напряжений и деформаций на основе упругой модели материала. Обобщенный закон Гука. Удельная потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии.	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
4	Механика разрушения и модели пластичности твердого тела	2/1	Механика разрушения и модели пластичности твердого тела	Модели разрушения материала. Разрушение путем отрыва и среза. Гипотезы пластичности и прочности. Теории прочности. Связь критерия прочности с моделью разрушения.	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
5	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела	2/2	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела	Основы метода конечных элементов. Геометрическая интерпретация. Приложение метода к решению задач механики деформируемого твердого тела.	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
6	Упругопластичная модель материала – расчет на прочность по предельному состоянию	2/2	Упругопластичная модель материала – расчет на прочность по предельному состоянию	Упругопластичная модель поведения материала. Диаграмма Прандтля. Предельное состояние материала. Теоретическое обоснование наличия резервов прочности при расчете по предельному состоянию. Резервы сечения и резервы конструкции для статически неопределимых систем.	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3

## 6. Содержание практических занятий (очная/очно-заочная формы)

Цель занятий – формирование навыков решения практических задач.

### Очная/очно-заочная формы

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема практического занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	Основные понятия, допущения и схематизация механики деформируемого твердого тела	6/4	Практические занятия: 1) Геометрическая схематизация элементов химического и нефтехимического оборудования; 2) Выполнение расчетов оборудования по схеме бруса и схеме оболочки.	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
2	Теория напряженного состояния – расчетные модели при различных видах напряженного состояния	6/6	Практические занятия: 1) Решение прямой задачи при линейном и плоском напряженном состоянии; 2) Решение обратной задачи при линейном и плоском напряженном состоянии; 3) Решение задач с помощью кругов Мора.	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
3	Деформации и потенциальная энергия	6/6	Практические задачи: 1) Решение задачи определения линейных и угловых	ОПК-5.1,

деформации при объемном напряженном состоянии		деформаций на основе обобщенного закона Гука; 2) Решение задачи определения удельной потенциальной энергии деформации; 3) Вычисление относительного изменения объема.	ОПК-5.2, ОПК-5.3
---	--	---	---------------------

## 7. Содержание лабораторных занятий

Цель проведения лабораторных занятий состоит в формировании у обучающихся умений и навыков решения практических задач, связанных с выполнением расчетов элементов оборудования на прочность, жесткость и устойчивость, также закрепления теоретических знаний в области механики деформируемого твердого тела.

### Очная/очно-заочная формы

№ п/п	Раздел дисциплины	Ча сы	Тема лабораторного занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	Механика разрушения и модели пластичности твердого тела	6/4	Модели разрушения материала. Разрушение путем отрыва и среза. Гипотезы пластичности и прочности. Теории прочности. Связь критерия прочности с моделью разрушения.	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
2	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела	6/6	Практические задачи: 1) формулирование математической модели применительно к различным задачам напряженного состояния; 2) Разработка алгоритма метода конечных элементов для решения практических задач механики твердого тела; 3) Применение программных средств для решения задач с помощью метода конечных элементов.	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
3	Упругопластичная модель материала – расчет на прочность по предельному состоянию	6/6	Практические занятия: 1) Сравнение несущей способности сечения при изгибе и кручении при расчете по допускаемым напряжениям и предельному состоянию; 2) Решение статически неопределимых систем методом уравнивания трех моментов; 3) Метод выровненных эпюр при расчете по предельному состоянию.	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3

Лабораторные работы проводятся в помещении лаборатории сопротивления материалов кафедры МАХП – аудитории А-101.

## 8. Самостоятельная работа магистранта

### 8.1. Основные формы и формируемые компетенции

#### Очная/очно-заочная формы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельное изучение	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	Основные понятия, допущения и схематизация механики деформируемого твердого тела	9/11	Подготовка к тестированию	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
2	Теория напряженного состояния – расчетные модели при различных видах напряженного состояния	9/10	Подготовка к контрольной работе	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3

3	Деформации и потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии	9/10	Подготовка к собеседованию	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
4	Механика разрушения и модели пластичности твердого тела	9/10	Написание реферата и подготовка к защите	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
5	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела	9/10	Написание реферата и подготовка к защите	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
6	Упругопластичная модель материала – расчет на прочность по предельному состоянию	9/10	Решение задач расчетно-графической работы и подготовка к защите	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
	экзамен	27/2 7	Подготовка к экзамену	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3

## 8.2 Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельное изучение	Часы	Форма КСР	Индикаторы достижения компетенции
1	Основные понятия, допущения и схематизация механики деформируемого твердого тела	3	Заслушивание и оценка реферата, проверка практических задач	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
2	Теория напряженного состояния – расчетные модели при различных видах напряженного состояния	3	прием контрольной работы, проверка практических задач	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
3	Деформации и потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии	3	прием расчетно-графической работы, проверка практических задач	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
4	Механика разрушения и модели пластичности твердого тела	3	Прием лабораторной работы и отчета. Защита контрольной работы	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
5	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела	3	Прием лабораторной работы и отчета.	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
6	Упругопластичная модель материала – расчет на прочность по предельному состоянию	3	Прием лабораторной работы и отчета.	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3

## 9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины Б1.О.13 «Механика деформируемого твердого тела» используется рейтинговая система. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся разработана на основе требований «Положения о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» НХТИ.

Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы приводится в положении о рейтинговой системе.



Оценка учебной деятельности студента осуществляется по всем видам работ, предусмотренных рабочей программой по данной дисциплине. Максимальный балл проставляется за качественное и своевременное выполнение работ и требований к ним, а также по всем видам контроля знаний студентов. В результате минимальный текущий рейтинг составит – 60 баллов, максимальный текущий рейтинг составит – 100 баллов.

Общий суммарный рейтинг по дисциплине складывается из текущего рейтинга и рейтинга, полученного студентами в ходе промежуточной аттестации в форме экзамена по дисциплине. Текущий рейтинг формируется в ходе аудиторных занятий и самостоятельной работы и ограничивается диапазоном 36 – 60 баллов. Рейтинг, выставленный студенту по результатам экзамена, находится в диапазоне 24 – 40 баллов.

Расчет текущего рейтинга выполняется на основе данных таблицы

Название	Кол-во	Оценка за одно		Суммарн. Оценка	
		Миним.	Максим.	Миним.	Максим.
практические занятия (решение задач)	3	2	- 4	6	12
Лабораторные занятия (выполнение и отчет)	3	2	- 4	6	12
реферат	1	2	6	6	9
расчетно-графическая работа	1	2	6	6	9
контрольная работа	1	2	6	6	9
собеседование	1	2	6	6	9
Всего				36	60

Экзамен	24	40
Итого	60	100

При изучении дисциплины предусматривается выполнение одной контрольной работы, подготовки рефератов, одного собеседования и расчетно-графической работы.

Таким образом, текущий рейтинг студента перед промежуточной аттестацией должен составить величину, находящуюся в диапазоне 36 – 60 баллов.

Промежуточная аттестация в форме экзамена оценивается числом баллов от 24 до 40. В итоге, суммарный рейтинг по дисциплине должен составить от 60 до 100 баллов.

## **10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам 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.

## **11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины**

### **11.1 Основная литература**

При изучении дисциплины Б1.О.13 «Механика деформируемого твердого тела» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Кол-во экз.
Прикладная механика : учебное пособие [Электронный ресурс] : / В. Т. Батиенков, В. А. Волосухин, С. И. Евтушенко. — М. : РИОР : ИНФРА-М, 2019. — 339 с. Режим доступа: по паролю ЭБС «Znanium».	ЭБС «Znanium» <a href="https://znanium.com/catalog/product/1021436">https://znanium.com/catalog/product/1021436</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов НХТИ
Прикладная механика: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Зиомковский В.М., Троицкий И.В. – М. :Флинта, 2017. - 288 с. Режим доступа: по паролю ЭБС «Znanium».	ЭБС «Znanium» <a href="https://znanium.com/catalog/product/960145">https://znanium.com/catalog/product/960145</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов НХТИ
Динамика механических систем : учебное пособие [Электронный ресурс] / А. Н. Щепин, М. В. Брунгардт, Е. В. Брюховецкая, О. В. Конищева. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 156 с. Режим доступа: по паролю ЭБС «Znanium».	ЭБС «Znanium» <a href="https://znanium.com/catalog/product/1818894">https://znanium.com/catalog/product/1818894</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов НХТИ

## 11.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
Алмакаева, Ф.М. Расчеты на прочность и жесткость при изгибе: учеб. пособие/ Ф.М. Алмакаева, И.А. Сабанаев. - Нижнекамск: НХТИ, 2017. - 93 с.: ил.	43 экз. УНИЦ НХТИ
Жуков, В. А. Конструктивная прочность. Конструкционные стали и сплавы : учебное пособие [Электронный ресурс] / В. А. Жуков. — М. : ИНФРА-М, 2021. — 264 с. — (Высшее образование: Магистратура). Режим доступа: по паролю ЭБС «Znanium».	ЭБС «Znanium» <a href="https://znanium.com/catalog/product/1168665">https://znanium.com/catalog/product/1168665</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов НХТИ
Сопротивление материалов: учебник: В 2 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс] / А.Г. Схиртладзе, А.В. Чеканин, В.В. Волков. – М. : КУРС : ИНФРА-М, 2018. - 272 с. Режим доступа: по паролю ЭБС «Znanium».	ЭБС «Znanium» <a href="https://znanium.com/catalog/product/933939">https://znanium.com/catalog/product/933939</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов НХТИ
Сопротивление материалов : в 2 ч. Ч. 2. : учебник [Электронный ресурс] / А.Г. Схиртладзе, А.В. Чеканин, В.В. Волков. — М. : КУРС : ИНФРА-М, 2018. — 192 с. Режим доступа: по паролю ЭБС «Znanium».	ЭБС «Znanium» <a href="https://znanium.com/catalog/product/933947">https://znanium.com/catalog/product/933947</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов НХТИ

## 11.3 Электронные источники информации

1) Электронная библиотечная система «Znanium». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znanium.ru>. Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов НХТИ.

#### **11.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.**

1) Актуализированная бесплатная база государственных стандартов, полностью соответствующая каталогу ФГУП «Стандартинформ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplan.ru/list0.htm>, свободный.

2) Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Государственные стандарты [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/gost>, свободный.

**Согласовано:**

Зав. отделом  
по библиотечному  
обслуживанию



В.Я. Тарасова

#### **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий оснащены *оборудованием:*

1. Испытательная машина для определения механических характеристик материалов МУИ-100;
2. Модель балки для изучения энергетических методов определения перемещений при изгибе СМ-3;
3. Модель балки для изучения методов решения статически неопределимых задач при изгибе СМ-4;

*техническими средствами обучения:*

1. Компьютерная модель для исследования процесса испытания материала при растяжении ИспытаниеСМ.
2. Тренирующие и контролирующие программы тестирования.

Помещения для самостоятельной работы оснащены *компьютерной техникой:*

1. Персональные компьютеры Pentium-4 и Celeron, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду НХТИ.

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины Б1.О.13 «Механика деформируемого твердого тела»:

1. ОС MS Windows XP;
2. ППП MS Office 2003;
3. CAD-система APM Graph Lite

#### **13. Образовательные технологии**

Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 10 часов.

Основные интерактивные формы проведения учебных занятий:

- творческие задания;
- дискуссия;
- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции (лекция-беседа, лекция – дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций);
- метод кейсов.