

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский 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

« 3 » мая 2023 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 очно-заочная

Факультет механический

Кафедра-разработчик рабочей программы МАХП

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

Нижекамск, 2023 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 2023 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 «19» апреля 2023 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.

№ 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	4	-	11	2	Тест, экзамен
2	Теория напряженного состояния – расчетные модели при различных видах напряженного состояния	1	1	6	-	10	2	Контрольная работа, экзамен
3	Деформации и потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии	1	1	6	-	10	3	реферат, экзамен
4	Механика разрушения и модели пластичности твердого тела	1	1	-	4	10	3	собеседование, экзамен
5	Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела	1	2	-	6	10	3	собеседование, экзамен
6	Упругопластичная модель материала – расчет на прочность по предельному состоянию	1	2	-	6	10	3	Кейс-задача, экзамен
	Форма аттестации							экзамен
	Итого 144 ч.	-	8	16	16	61	16	27

5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Основные понятия, допущения и схематизация механики деформируемого твердого тела	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 при действии внешних сил.	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
2	Теория напряженного	1	Теория напряженного	Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений.	ОПК-9.1,

	состояния – расчетные модели при различных видах напряженного состояния		состояния – расчетные модели при различных видах напряженного состояния	Напряженное состояние бруса. Уравнения Навье. Главные напряжения. Виды напряженных состояний. Прямая и обратная задачи напряженного состояния. Шаровой тензор и девиатор напряжений.	ОПК-9.2, ОПК-9.3
3	Деформации и потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии	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	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	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	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.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема практического занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	Основные понятия, допущения и схематизация механики деформируемого твердого тела	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	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 деформации при объемном напряженном состоянии	6	Практические задачи: 1) Решение задачи определения линейных и угловых деформаций на основе обобщенного закона Гука; 2) Решение задачи определения удельной потенциальной энергии деформации; 3) Вычисление относительного изменения объема.	ОПК-5.1, 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	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	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	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

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельное изучение	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	Основные понятия, допущения и схематизация механики деформируемого твердого тела	11	Подготовка к тестированию	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
2	Теория напряженного состояния – расчетные модели при различных видах напряженного состояния	10	Подготовка к контрольной работе	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
3	Деформации и потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии	10	Подготовка к собеседованию	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
4	Механика разрушения и модели пластичности твердого тела	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	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	10	Решение задач расчетно-графической работы и подготовка к защите	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
	экзамен	27	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	2	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	2	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.	ЭБС «Znanium» https://znanium.com/catalog/product/1021436 Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов НХТИ

Режим доступа: по паролю ЭБС «Znanium».	
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» https://znanium.com/catalog/product/960145 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» https://znanium.com/catalog/product/1818894 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» https://znanium.com/catalog/product/1168665 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» https://znanium.com/catalog/product/933939 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» https://znanium.com/catalog/product/933947 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 Испытание СМ.
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.