

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

## **ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Специальные методы расчета на прочность / Special Methods of Structural Analysis**  
*название дисциплины*

---

для студентов направления подготовки

**14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»**  
*код и наименование направления подготовки*

---

Образовательная программа  
**Nuclear Technologies**  
*код и наименование профиля*

---

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2023 г.**

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП Содержание компетенций*	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ПК-15	способность разрабатывать проекты узлов аппаратов новой техники с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	Знать: Номенклатуру конструкционных материалов, применяемых в энергетическом и общем машиностроении; Уметь: Пользоваться справочной и нормативной литературой по физико-механическим и нейтронно-физическим свойствам конструкционных материалов и сортаменту» Владеть: Системами автоматизированного проектирования

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части. Индекс дисциплины: БЗ.ДВ4

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

1. БЗ.Б3 – Прикладная физика.
2. БЗ.Б4 – Материаловедение и технология конструкционных материалов.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Выполнение выпускной квалификационной работы.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7-8 семестрах.

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)					
	Очная			Заочная		
	Семестр			Курс		
	№7	№8	Всего	№ _	№ _	Всего
	Количество часов на вид работы:					
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>						
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	51	42	93	РУП	РУП	РУП
В том числе:						
лекции (лекции в интерактивной форме)	17	14	31	РУП ( )	РУП ( )	РУП ( )
практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)	34	28	62	РУП ( )	РУП ( )	РУП ( )
лабораторные занятия						
<b>Промежуточная аттестация</b>						
В том числе:						
зачет	-		-	РУП	РУП	РУП
экзамен	36		36	РУП	РУП	РУП
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>						
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>	21	5	26	РУП	РУП	РУП
Выполнение курсовой работы)		25	25			
<b>Всего (часы):</b>	<b>108</b>	<b>72</b>	<b>180</b>			
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>			

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды <b>учебной работы</b> в часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
	<b>1 семестр</b>										
1.	<b>Введение</b>	3	6			7					
1.1.	Цель расчетов на прочность и жесткость конструкций. Требования, применяемые к конструкциям в технике и энергетике.	1	2			3					
1.2.	Переход от конструкции к расчетной схеме (составление модели конструкции с точки зрения механики сплошной среды).	1	2			2					
1.3	Составление математической модели задачи. Выбор метода и инструментария для исследования.	1	2			2					
2	<b>Составление расчетных схем, систем дифференциальных уравнений и методы их численного решения</b>	7	14			7					
2.1	Составление расчетных схем для расчета трубопроводов, сосудов давления, такелажной оснастки.	2	4			3					
2.2	Аппроксимация функций и их производных в дифференциальных уравнениях их дискретными значениями.	2	4			2					

2.3	Построение схем различных порядков точности. Построение разностных схем для конструкций балочного типа.	2	4			2					
2.4	Расчеты балок и рам с помощью МКР.	1	2								
<b>3</b>	<b>Вариационные методы расчета конструкций</b>	<b>7</b>	<b>14</b>			<b>7</b>					
3.1	Метод конечных элементов. Вариант метода перемещений. Аппроксимация перемещений в пределах элемента полиномами.	2	4			1					
3.2	Матрица жесткости элемента. Вектор узловых сил для элемента.	2	4			2					
3.3	Построение глобальной матрицы жесткости и вектора узловых сил для конструкции.	1	4			2					
3.4	Решение двумерных задач МКЭ. Назначение и основные возможности пакета прикладных программ MSC/Nastran.. Основы практического использования пакета. Расчет стержней и балок с помощью МКЭ	2	2			2					
	<b>Экзамен</b>					<b>36</b>					
	<b>Итого за 1 семестр:</b>	<b>17</b>	<b>34</b>			<b>57</b>					
	<b>2 Семестр</b>										
<b>4</b>	<b>Энергетические методы расчета конструкций</b>	<b>10</b>	<b>20</b>			<b>3</b>					
4.1	Энергия деформации и работа внешних сил. Принцип возможной работы.	2	4			0,5					
4.2	Применение метода единичной нагрузки. Методы, основанные на использовании потенциальной энергии.	2	4			0,5					
4.3	Метод Рэлея-Ритца. Дополнительная энергия. Принципы дополнительной энергии.	2	4			1					

4.4	Общий случай метода сил. Вторая теорема Кастилиано. Метод податливостей.	2	4								
4	Расчет конструкций с помощью энергетического метода.	2	4			1					
<b>55</b>	<b>Освоение пакета программ MSC.Nastran</b>	<b>4</b>	<b>8</b>			<b>2</b>					
	<b>Курсовая работа</b>					<b>25</b>					
	<b>Итого за 2 семестр:</b>	<b>14</b>	<b>28</b>			<b>30</b>					
	...										
	<b>Всего:</b>	<b>31</b>	<b>62</b>			<b>87</b>					

*Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся*

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>1.</b>	<b>Введение</b>	
1.1.	<b>Тема 1</b>	Цель расчетов на прочность и жесткость конструкций. Требования, применяемые к конструкциям в технике и энергетике.
1.2.	<b>Тема.2</b>	Переход от конструкции к расчетной схеме (составление модели конструкции с точки зрения механики сплошной среды).
1.3	<b>Тема 3</b>	Составление математической модели задачи. Выбор метода и инструментария для исследования.
<b>2.</b>	<b>Составление расчетных схем, систем дифференциальных уравнений и методы их численного решения</b>	
2.1.	<b>Тема 1</b>	Составление расчетных схем для расчета трубопроводов, сосудов давления, такелажной оснастки.
2.2.	<b>Тема 2</b>	Аппроксимация функций и их производных в дифференциальных уравнениях их дискретными значениями.
<b>3</b>	<b>Вариационные методы расчета конструкций</b>	
3.1	<b>Тема 1</b>	Метод конечных элементов. Вариант метода перемещений. Аппроксимация перемещений в пределах элемента полиномами.
3.2	<b>Тема 2</b>	Матрица жесткости элемента. Вектор узловых сил для элемента.
3.3	<b>Тема 3</b>	Построение глобальной матрицы жесткости и вектора узловых сил для конструкции.
3.4	<b>Тема 4</b>	Решение двумерных задач МКЭ. Назначение и основные возможности пакета прикладных программ MSC/Nastran.. Основы практического использования пакета. Расчет стержней и балок с помощью МКЭ
<b>4</b>	<b>Энергетические методы расчета конструкций</b>	
	<b>Тема 1</b>	Энергия деформации и работа внешних сил. Принцип возможной работы.
	<b>Тема 2</b>	Применение метода единичной нагрузки. Методы, основанные на использовании потенциальной энергии.
	<b>Тема 3</b>	Метод Рэлея-Ритца. Дополнительная энергия. Принципы дополнительной энергии.
	<b>Тема 4</b>	Общий случай метода сил. Вторая теорема Кастилиано. Метод податливостей.
	<b>Тема 5</b>	Расчет конструкций с помощью энергетического метода.
<b>5</b>	<b>Освоение пакета программ MSC.Nastran</b>	

*Практические/семинарские занятия*

<b>№</b>	<b>Наименование раздела /темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
<b>1.</b>	<b>Введение</b>	
1.1.	<b>Тема 1</b>	Цель расчетов на прочность и жесткость конструкций. Требования, применяемые к конструкциям в технике и энергетике.
1.2.	<b>Тема.2</b>	Переход от конструкции к расчетной схеме (составление модели конструкции с точки зрения механики сплошной среды).
1.3	<b>Тема 3</b>	Составление математической модели задачи. Выбор метода и инструментария для исследования.
<b>2.</b>	<b>Составление расчетных схем, систем дифференциальных уравнений и методы их численного решения</b>	
2.1.	<b>Тема 1</b>	Составление расчетных схем для расчета трубопроводов, сосудов давления, такелажной оснастки.
2.2.	<b>Тема 2</b>	Аппроксимация функций и их производных в дифференциальных уравнениях их дискретными значениями.
<b>3</b>	<b>Вариационные методы расчета конструкций</b>	
3.1	<b>Тема 1</b>	Метод конечных элементов. Вариант метода перемещений. Аппроксимация перемещений в пределах элемента полиномами.
3.2	<b>Тема 2</b>	Матрица жесткости элемента. Вектор узловых сил для элемента.
3.3	<b>Тема 3</b>	Построение глобальной матрицы жесткости и вектора узловых сил для конструкции.
3.4	<b>Тема 4</b>	Решение двумерных задач МКЭ. Назначение и основные возможности пакета прикладных программ MSC/Nastran.. Основы практического использования пакета. Расчет стержней и балок с помощью МКЭ
<b>4</b>	<b>Энергетические методы расчета конструкций</b>	
	<b>Тема 1</b>	Энергия деформации и работа внешних сил. Принцип возможной работы.
	<b>Тема 2</b>	Применение метода единичной нагрузки. Методы, основанные на использовании потенциальной энергии.
	<b>Тема 3</b>	Метод Рэлея-Ритца. Дополнительная энергия. Принципы дополнительной энергии.
	<b>Тема 4</b>	Общий случай метода сил. Вторая теорема Кастилиано. Метод податливостей.
	<b>Тема 5</b>	Расчет конструкций с помощью энергетического метода.
<b>5</b>	<b>Освоение пакета программ MSC.Nastran</b>	

*Лабораторные занятия*

<b>№</b>	<b>Наименование раздела /темы дисциплины</b>	<b>Название лабораторной работы</b>
<b>1.</b>	<b>Название раздела 1</b>	<b>(Не предусмотрены)</b>

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При реализации программы дисциплины «Методы расчета на прочность конструкций» используются различные образовательные технологии:

Лекции для изучения теоретического материала.

и универсального учебного комплекса для обучения на основе опыта/эксперимента.

Практические (семинарские) занятия, на которых проводится объяснение нового материала и контроль усвоения студентом разделов данного курса оценочными средствами по выполненным домашним заданиям.

Дисплейный класс кафедры, на котором проводятся практические занятия, освоение программного продукта и выполнение курсовой работы.

Самостоятельная работа подразумевает проработку нового материала и выполнение домашних заданий с использованием рекомендованной литературы.

1. Наназашвили И.Х. Строительные материалы, изделия и конструкции. М., Высшая шк., 1990, 496 с. - в библиотеке ИАТЭ
2. Шимкович Д.Г. MSC/Nastran for Windows.М., "ДМК Пресс",2001,446 с. - на кафедре
3. Ржаницын А.Р. Строительная механика. М., Высшая школа, 1991, - 400 с
4. Степин П. А. Сопротивление материалов: Учебник для вузов. - М.: Интеграл-Пресс, 1997.-320 с.
5. Липовцев Ю.В., Третьякова О.Н. Механика для инженеров.-М.: Вузовская книга, 2005.- 381 с.
6. Липовцев Ю.В., Русин М.Ю. Прикладная теория упругости. – М.: Дрофа, 2008. – 319 с.
7. 8.1.6. Липовцев Ю.В. Справочные материалы по расчету элементов на прочность: Учебное пособие. – Обнинск: ИАТЭ, 2010. – 60 с.
8. Липовцев Ю.В. Расчет на прочность оболочек вращения. Температурные напряжения. Учебное пособие. Обнинск, ИАТЭ, 2002. –62 с.
9. Росляков А.А., Эпов Г.А. Лабораторный практикум по курсу «Механика и прочность». – Обнинск: ИАТЭ, 2005. – 36 с.
10. Эпов Г.А. Сопротивление материалов в примерах и задачах: Учебное пособие. – Обнинск: ИАТЭ, 2009. – 16 с.
- 11.Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Методы расчета на прочность элементов конструкций»

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
<b>Текущий контроль, 1 семестр</b>			
1	Метод конечных разностей расчета конструкций. Расчеты балок и рам с помощью МКР.	ПК-15. способность разрабатывать проекты узлов аппаратов новой техники с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	Контрольная работа №1
2	Метод конечных элементов расчета конструкций. Расчет стержней и балок с помощью МКЭ		Контрольная работа №2
<b>Промежуточный контроль, 1 семестр</b>			
	экзамен	ПК-15	Экзамен
Всего:			
<b>Текущий контроль, 2 семестр</b>			
1.	Энергетические методы расчета конструкций. Расчет конструкций с помощью энергетического метода	ПК-15. способность разрабатывать проекты узлов аппаратов новой техники с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	...Контрольная работа №3
<b>Промежуточный контроль, 2 семестр</b>			
	зачет	ПК-15	Курсовая работа
Всего:			

### 6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 6.2.1. Экзамен

а) типовые вопросы:

1. Цель расчетов на прочность и жесткость конструкций. Требования, применяемые к конструкциям в технике и энергетике.
2. Переход от конструкции к расчетной схеме (составление модели конструкции с точки зрения механики сплошной среды).

3. Составление математической модели задачи. Выбор метода и инструментария для исследования.
4. Составление расчетных схем для расчета трубопроводов, сосудов давления, такелажной оснастки.
5. Аппроксимация функций и их производных в дифференциальных уравнениях их дискретными значениями.
6. Метод конечных элементов.
7. Вариант метода перемещений.
8. Аппроксимация перемещений в пределах элемента полиномами.
9. Матрица жесткости элемента.
10. Вектор узловых сил для элемента.
11. Построение глобальной матрицы жесткости и вектора узловых сил для конструкции.
12. Решение двумерных задач МКЭ.
13. Назначение и основные возможности пакета прикладных программ MSC/Nastran.
14. Основы практического использования пакета MSC/Nastran.
15. Расчет стержней и балок с помощью МКЭ.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Полнота ответа на вопрос

в) описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Отлично С 26 до 30 баллов	Студент должен: дать исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, правильно и рационально решены практические задачи; при ответах выделялось главное, все теоретические положения умело увязывались с требованиями руководящих документов; ответы были четкими и краткими, а мысли излагались в логической последовательности; показано умение самостоятельно анализировать факты, события, явления, процессы в их взаимосвязи и диалектическом развитии
Хорошо С 21 до 25 баллов	Студент должен дать полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы, правильно решены практические задания; при ответах не всегда выделялось главное, отдельные положения недостаточно увязывались с требованиями руководящих документов, при решении практических задач не всегда использовались рациональные методики расчётов; ответы в основном были краткими, но не всегда четкими
Удовлетворительно С 16 до 20 баллов	Студент должен: дать в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без должной глубины и обоснования, при решении практических задач студент использовал прежний опыт и не применял новые методики выполнения расчётов и экспресс оценки показателей эффективности управления организацией, однако, на уточняющие вопросы даны правильные ответы; при ответах не выделялось главное; ответы были многословными, нечеткими и без должной логической последовательности; на отдельные дополнительные вопросы не даны положительные ответы
Неудовлетворительно До 15 баллов	Студент должен: не выполнены требования, предъявляемые к знаниям, оцениваемым “удовлетворительно”.

### 6.2.2. Зачет

а) типовые вопросы:

1. Энергия деформации и работа внешних сил.
2. Принцип возможной работы.
3. Применение метода единичной нагрузки.
4. Методы, основанные на использовании потенциальной энергии
5. Метод Рэлея-Ритца.
6. Дополнительная энергия. Принципы дополнительной энергии.
7. Общий случай метода сил.
8. Вторая теорема Кастилиано.
9. Метод податливостей
10. Расчет конструкций с помощью энергетического метода.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Полнота ответа на вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
Зачтено 24-40	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
Незачтено 23 и меньше	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».

**6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

1 семестр

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	<b>Контрольная точка № 1</b>		
	Контрольная работа №1. Метод конечных разностей расчета конструкций. Расчеты балок и рам с помощью МКР.	16	30
	<b>Контрольная точка № 2</b>		
	Контрольная работа №2. Метод конечных элементов расчета конструкций. Расчет стержней и балок с помощью МКЭ	14	30
Промежуточный	<b>Экзамен</b>	30	40
	Оценочное средство		
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		60	100

2 семестр

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	<b>Контрольная точка № 1</b>		
	Контрольная работа №3. Расчет конструкций с помощью энергетического метода	16	30
	<b>Контрольная точка № 2</b>		
	Курсовая работа	14	30

<b>Промежуточный</b>	<b>Зачет</b>	<b>30</b>	<b>40</b>
	Оценочное средство		
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### ***а) основная учебная литература:***

1. Наназашвили И.Х. Строительные материалы, изделия и конструкции. М., Высшая шк., 1990, 496 с. - *в библиотеке ИАТЭ*
2. Шимкович Д.Г. MSC/Nastran for Windows.М., "ДМК Пресс",2001,446 с. - *на кафедре*
3. Ржаницын А.Р. Строительная механика. М., Высшая школа, 1991, - 400 с
4. Степин П. А. Сопротивление материалов: Учебник для вузов. - М.: Интеграл-Пресс, 1997.-320 с.
5. Липовцев Ю.В., Третьякова О.Н. Механика для инженеров.-М.: Вузовская книга, 2005.- 381 с.
6. Липовцев Ю.В., Русин М.Ю. Прикладная теория упругости. – М.: Дрофа, 2008. – 319 с.
7. 8.1.6. Липовцев Ю.В. Справочные материалы по расчету элементов на прочность: Учебное пособие. – Обнинск: ИАТЭ, 2010. – 60 с.
8. Липовцев Ю.В. Расчет на прочность оболочек вращения. Температурные напряжения. Учебное пособие. Обнинск, ИАТЭ, 2002. –62 с.
9. Росляков А.А., Эпов Г.А. Лабораторный практикум по курсу «Механика и прочность». – Обнинск: ИАТЭ, 2005. – 36 с.
10. Эпов Г.А. Сопротивление материалов в примерах и задачах: Учебное пособие. – Обнинск: ИАТЭ, 2009. – 16 с.

### ***б) дополнительная учебная литература:***

1. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Методы расчета на прочность элементов конструкций»

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины**

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Контрольные работы №1 и №2 проводятся в 1 семестре на практических занятиях на 8 и 14 неделях соответственно.

Контрольная работа №3 проводится во.2 семестре на практических занятиях на 6 неделе.

Защита курсовой работы проводится в о 2 семестре на 14 неделе. На практических занятиях во 2 семестре проводятся консультации по курсовой работе.

Устный опрос проводится на каждом практическом занятии и затрагивает как тематику прошедшего занятия, так и лекционный материал. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация

в виде зачета, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**12. Иные сведения и (или) материалы**

**12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

<b>№ пп</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)</b>	<b>Количество ак. ч.</b>	<b>Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий</b>
1				
2				
3				
....				

## ***12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)***

Темы для самостоятельного изучения.

1. Цель расчетов на прочность и жесткость конструкций. Требования, применяемые к конструкциям в технике и энергетике.
2. Переход от конструкции к расчетной схеме (составление модели конструкции с точки зрения механики сплошной среды).
3. Составление математической модели задачи. Выбор метода и инструментария для исследования.
4. Составление расчетных схем для расчета трубопроводов, сосудов давления, такелажной оснастки.
5. Аппроксимация функций и их производных в дифференциальных уравнениях их дискретными значениями.
6. Метод конечных элементов.
7. Вариант метода перемещений.
8. Аппроксимация перемещений в пределах элемента полиномами
9. Матрица жесткости элемента.
10. Вектор узловых сил для элемента
11. Построение глобальной матрицы жесткости и вектора узловых сил для конструкции
12. Решение двумерных задач МКЭ.
13. Назначение и основные возможности пакета прикладных программ MSC/Nastran.
14. Основы практического использования пакета MSC/Nastran.
15. Расчет стержней и балок с помощью МКЭ.
16. Энергия деформации и работа внешних сил.
17. Принцип возможной работы.
18. Применение метода единичной нагрузки.
19. Методы, основанные на использовании потенциальной энергии
20. Метод Рэлея-Ритца.
21. Дополнительная энергия. Принципы дополнительной энергии.
22. Общий случай метода сил.
23. Вторая теорема Кастилиано.
24. Метод податливостей.
25. Расчет конструкций с помощью энергетического метода.

Вопросы для самостоятельного изучения входят в комплект контрольных работ, кроме того предусмотрен устный опрос на практических занятиях. В вопросы устного опроса входят вопросы тем, предназначенных для самостоятельного изучения.

Программу составил:

\_\_\_\_\_ Н.П. Сердунь, доцент ОЯФиТ, ктн, ,