

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор А.Г. Протосеня

\_\_\_\_\_  
Проректор по образовательной  
деятельности  
доцент Д.Г. Петраков

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***НЕЛИНЕЙНЫЕ ЗАДАЧИ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	<i>Специалитет</i>
<b>Специальность:</b>	<i>08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений</i>
<b>Специализация:</b>	<i>Строительство подземных сооружений</i>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<i>инженер-строитель</i>
<b>Форма обучения:</b>	<i>очная</i>
<b>Составитель:</b>	<i>доцент Карасев М.А.</i>

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по специальности «08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений», утвержденного приказом Минобрнауки России № 483 от 31 мая 2017 г.;

- на основании учебного плана специалитета по специальности «08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений» специализация «Строительство подземных сооружений».

Составитель \_\_\_\_\_ д.т.н., доц. Карасев М.А.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры** строительства горных предприятий и подземных сооружений от 26.01.2021 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. А.Г. Протосеня

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования \_\_\_\_\_ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики»** приобретение студентами знаний в области изучения развития нелинейных механических процессов при деформировании геоматериалов и строительных материалов, а также развития нелинейных процессов передачи нагрузок и воздействий на инженерные сооружения.

### **Основные задачи дисциплины:**

- изучение напряженно-деформированного состояния тела;
- изучение современных моделей деформирования грунтов, горных пород и строительных материалов;
- получение знаний о решении физически и геометрически нелинейных задач строительной механики;
- получение знаний об решении нелинейных задач геомеханики и механики подземных сооружений;
- приобретение навыков практического применения полученных знаний; способностей для самостоятельной работы.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений и специализации «Строительство подземных сооружений» и изучается в 9, 10 семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» являются «Физика», «Математика», «Теоретическая механика», «Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики грунтов».

Дисциплина Нелинейные задачи строительной механики является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Механика подземных сооружений».

Особенностью дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» является комплексное изучение методов идеализации нелинейных механических систем, моделей нелинейного деформирования грунтов и горных пород, а также применение нелинейных методов анализа для решения задач геомеханики и механики подземных сооружений.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» направлен на формирование следующих компетенций:

<b>Формируемые компетенции по ФГОС ВО</b>		<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
<b>Содержание компетенции</b>	<b>Код компетенции</b>	
Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук	ОПК-1	ОПК-1.3. Выбор для решения задач профессиональной деятельности фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление
Способен осуществлять постановку и решение научнотехнических задач строительной отрасли, выполнять экспериментальные исследования и	ОПК-11	ОПК-11.1. Выбор способов и методик выполнения исследования ОПК-11.2. Составление математической модели исследуемого процесса (явления)

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
математическое моделирование, анализировать их результаты, осуществлять организацию выполнения научных исследований		

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» составляет 6 зачетных единиц, 216 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам	
		9	10
<b>Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	<b>153</b>	<b>85</b>	<b>68</b>
Лекции	34	17	17
Практические занятия (ПЗ)	119	68	51
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>4</b>
Подготовка к лекционным занятиям	6	6	-
Подготовка к практическим занятиям	21	17	4
<b>Промежуточная аттестация (дифф. зачет, экзамен)</b>	<b>36</b>	<b>ДЗ</b>	<b>Э(36)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>			
	<b>ак. час</b>	<b>216</b>	<b>108</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>6</b>	<b>3</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
1.	Нелинейные модели деформирования геоматериалов	108	17	68	-	23
2.	Применение численных методов анализа для решения нелинейных задач геомеханики	72	17	51	-	4
	<b>Итого:</b>	<b>180</b>	<b>34</b>	<b>119</b>	<b>-</b>	<b>27</b>

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
-------	---------------------------------	-------------------------------	--------------------------

<b>9 семестр</b>			
1.	Нелинейные модели деформирования геоматериалов	<p><b>Тема 1.</b> Основы механики сплошной среды. Напряжения и деформации. Базовые уравнения механики сплошной среды. Теории деформирования геоматериалов.</p> <p><b>Тема 2.</b> Модели геоматериалов основанные на теории линейной и нелинейной упругости. Классификация упругих моделей геоматериалов. Модель линейно-упругой среды. Модель нелинейно-упругой среды в полной форме. Модель нелинейно-упругой среды в инкрементальной форме.</p> <p><b>Тема 3.</b> Модели геоматериалов, основанные на теории пластического течения. Основы теории пластического течения. Условие пластического течения. Пластический потенциал. Упрочнение материала. Упруго-идеально пластические модели геоматериалов. Упругопластические модели геоматериалов с упрочнением. Упругопластические шатровые модели геоматериалов</p> <p><b>Тема 4.</b> Современные модели геоматериалов. Модель Modified Cam-Clay. Модель Soft Soil. Модель Hardening soil. Модель Jointed rock.</p> <p><b>Тема 5.</b> Численная реализация моделей геоматериалов в программном комплексе Abaqus. Интерфейс реализации моделей деформирования геоматериалов через пользовательскую процедура UMAT. Численные алгоритмы реализации моделей геоматериалов. Численная реализация линейно упругой модели деформирования материала. Численная реализация нелинейно-упругой модели деформирования материала. Численная реализация упругопластической модели материала основанной на условии пластичности Мизеса. Численная реализация упругопластической модели материала основанной на условии пластичности Друкера-Прагера.</p>	17
<b>Итого в 9 семестре:</b>			<b>17</b>
<b>10 семестр</b>			
2.	Применение численных методов анализа для решения нелинейных задач геомеханики	<p><b>Тема 6.</b> Основы применения численных методов анализа для решения задач геомеханики. Выбор численного метода анализа. Выбор модели деформирования грунтов и горных пород. Особенности подготовки численной модели для решения задач геомеханики. Способы идеализации грунтовых массивов и конструкций подземных сооружений. Ограничение численных методов анализа для решения задач геомеханики.</p> <p><b>Тема 7.</b> Особенности применения численных методов анализа при решении задач геомеханики строительства тоннелей и подземных сооружений глубоко-</p>	17

	<p>кого заложения. Граничные и начальные условия. Моделирование последовательности строительства тоннелей и подземных сооружений. Моделирование развития длительных деформаций породного массива в окрестности подземных сооружений. Моделирование взаимодействия между породным массивом и обделкой подземных сооружений. Моделирование механического поведения монолитных и сборных обделок.</p> <p><b>Тема 8.</b> Применение численных методов анализа при решении задач геомеханики строительства глубоких котлованов и подпорных сооружений. Граничные и начальные условия. Моделирование последовательности строительства глубоких котлованов. Выбор модели деформирования грунтов. Моделирование взаимодействия между породным массивом и несущими конструкциями подземных сооружений. Особенности моделирования расстрелов и грунтовых анкеров. Особенности прогноза оседания земной поверхности при строительстве глубоких котлованов.</p> <p><b>Тема 9.</b> Применение численных методов анализа при решении задач геомеханики насыпей, отвалов, откосов. Методы оценки устойчивости насыпей, отвалов и откосов при решении задач численными методами. Дренажное и недренажное поведение грунтов, модели деформирования песчаных и глинистых грунтов. Прогноз фильтрационных процессов в грунтовом массиве, теле насыпи, отвалов, откосов. Расчет консолидационных процессов, решение задач во временном диапазоне.</p> <p><b>Тема 10.</b> Применение численных методов анализа при решении задач геомеханики фундаментов мелкого и глубокого заложения. Особенности представления фундаментов мелкого и глубокого заложения. Определение несущей способности фундамента. Определение осадки фундамента. Влияния условий деформирования грунтового массива на развитие геомеханических процессов в основании фундамента.</p>	
<b>Итого в 10 семестре:</b>		<b>17</b>
<b>Всего:</b>		<b>34</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 1	Построение численных моделей проведения виртуальных лабораторных экспериментов на моделях геоматериалов в условиях одноосного и трехосного сжатия.	5
		Разработка нелинейно-упругой модели, основанной на тео-	8

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
		рии Дункана-Ченга.	
		Построение поверхностей пластического течения и пластического потенциала.	6
		Разработка упругопластической модели основанной на условии пластичности Друкера-Прагера	10
		Подбор параметров моделей геоматериалов Soft Soil и Hardening soil по результатам лабораторных испытаний песчаных и глинистых грунтов.	6
		Численная реализация линейно и нелинейно упругой модели деформирования материала в программной комплекс Abaqus.	8
		Численная реализация упругопластической модели Друкера-Прагера в программной комплекс Abaqus.	18
<b>Итого в 9 семестре:</b>			<b>68</b>
2.	Раздел 2	Построение базовых плоских и пространственных конечно-элементных моделей в программном комплексе Abaqus и Plaxis.	6
		Построение численной модели прогноза развития напряженно-деформированного состояния системы “породный массив - тоннель” при строительстве горизонтального тоннеля горным способом	12
		Построение численной модели прогноза развития напряженно-деформированного состояния системы “породный массив – глубокий котлован” при строительстве глубокого котлована в условиях плотной городской застройки.	14
		Построение численной модели прогноза устойчивости насыпи, располагаемой на слабом основании	7
		Построение численной модели прогноза несущей способности фундаментов мелкого и глубокого заложения, расположенных в различных инженерно-геологических условиях.	12
<b>Итого в 10 семестре:</b>			<b>51</b>
<b>Всего:</b>			<b>119</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.2.5. Курсовая работа (проект)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифф. зачета, экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Нелинейные модели деформирования геоматериалов.**

1. Какие основные принципы лежат в основе линейной строительной механики?
2. Какие виды нелинейности учитываются при прочностных расчетах инженерных сооружений и конструкций?
3. Что такое физическая нелинейность, для каких материалов она характерна?
4. Что такое геометрическая нелинейность?
5. Что такое конструктивная нелинейность, ее виды?
6. Какие гипотезы линейной строительной механики не соблюдаются при учете физической нелинейности материала?
7. Какие гипотезы при учете геометрической нелинейности сооружений и конструкций?
8. Какие гипотезы при учете конструктивной нелинейности сооружений и конструкций?
9. Какой вид имеют диаграммы деформирования упругого, упругопластического, жесткопластического и нелинейно-упругого тела?
10. Какой вид имеют диаграммы деформирования физически нелинейного материала?
11. В чем состоит отличие между нелинейно-упругим и упругопластическим материалом?
12. Что называется тензором напряжений, тензором деформаций и тензором скоростей деформаций?
13. Какой вид имеет тензор напряжений, тензор деформаций и тензор скоростей деформаций в главных осях напряжений?
14. На какие составляющие раскладывается тензор напряжений, тензор деформаций и тензор скоростей деформаций?
15. Какой вид имеют шаровые тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций?
16. Какой вид имеют тензоры девиаторы напряжений, деформаций и скоростей деформаций?
17. С какой составляющей тензора напряжений связывают изменение объема, а с какой изменение формы тела?
18. По каким формулам подсчитываются средние напряжения, линейные деформации и скорости линейной деформации?
19. Из какого уравнения определяются главные напряжения?
20. Что называется, инвариантами? Чему равны первый, второй и третий инварианты напряжений и деформаций?
21. Чему равны интенсивности нормальных и касательных напряжений?

22. Чему равны интенсивности линейных деформаций и деформаций сдвига?

## **Раздел 2. Применение численных методов анализа для решения нелинейных задач геомеханики**

1. Какой вид имеет система основных дифференциальных уравнений метода перемещений для нелинейно-упругого и упругопластического тела и его матричная форма?

2. В чем состоит суть метода упругих решений? Его алгоритм и форма матричной реализации?

3. В чем состоит суть метода переменных параметров упругости? Его алгоритм и форма матричной реализации?

4. В чем состоит суть метода дополнительных деформаций? Его алгоритм и форма матричной реализации?

5. В чем состоит суть метода Ньютона-Рафсона? Его алгоритм и форма матричной реализации?

6. В чем состоит суть модифицированного метода Ньютона-Канторовича? Его алгоритм и форма матричной реализации?

7. В чем состоит суть метода последовательного нагружения? Его алгоритм и форма матричной реализации?

8. При каких условиях справедлив закон плоских сечений в нелинейно-упругих балках?

9. Какой вид имеет эпюра нормальных напряжений по высоте поперечного сечения в зависимости от уравнения между напряжениями и деформациями?

10. Какой вид имеют зависимости между кривизной оси балки и изгибающим моментом при разных уравнениях между напряжениями и деформациями для сечений в форме прямоугольного или идеального двутавра?

11. По каким формулам определяются напряжения в нелинейно-упругих балках?

12. Чему равен пластический момент сопротивления при изгибе?

13. Чему равны изгибающие моменты в физически нелинейных стержневых системах при различных законах изменения диаграммы “напряжение-деформация”?

14. Какой вид имеет дифференциальное уравнение изогнутой оси балки в физически нелинейных стержневых системах?

15. Какие способы решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки, рассмотрены в данной главе?

16. Какие алгоритмы приближенного решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки применяются в методе переменных параметров упругости?

17. Какие алгоритмы приближенного решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки применяются в методе последовательного нагружения?

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (дифф. зачета)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов к дифф. зачету:**

### **Раздел 1. Нелинейные модели деформирования геоматериалов.**

1. Что такое моделирование?

2. Какие виды моделирования используются при изучении развития геомеханических процессов?

3. В чем преимущество математического моделирования?

4. Каким образом идеализируют породный массив при геомеханическом моделировании.

5. Какие методы математического моделирования используются для прогноза геомеханических процессов?

6. Какие положения механики сплошной среды используются при описании геомеханических моделей?

7. В каком виде записываются уравнения состояния для различных геомеханических моделей?

8. Как называется закон, который связывает напряжения и деформации для упругих сред?
9. Что понимается под термином модуль упругости?
10. Что понимается под термином коэффициент Пуассона?
11. Что понимается под термином модуль деформации?
12. Что понимается под термином коэффициент поперечной деформации?
13. Что понимается под термином модуль сдвига?
14. Что понимается под термином модуль объемного сжатия?
15. Сколько уравнений необходимо использовать для установления взаимосвязи между напряжениями и деформациями в одномерной, двухмерной и пространственной постановках?
16. Какое количество констант среды необходимо для описания изотропной, трансверсально-изотропной и анизотропной среды?
17. Что понимается под жесткостью породы?
18. Что понимается под прочностью породы?
19. Что понимается под пластичностью породы?
20. Назовите основные положения теории прочности?
21. Какой критерий прочности горных пород получил наибольшее распространение?
22. В каких осях обычно выполняется построение паспортов прочности горной породы?
23. Какие механизмы разрушения горной породы существуют?
24. Как определяется коэффициент крепости?
25. Что такое прочностная анизотропия пород?
26. Что понимается под термином дилатансия?
27. Каким образом дилатансия влияет на развитие деформаций горной породы?
28. Какие варианты жесткопластических моделей существуют?
29. Что понимается под термином “зона предельного состояния”?
30. От чего зависит размер зоны предельного состояния?
31. Чем отличается критерий прочности Ставрогина от критерия прочности Кулона-Мора?
32. Какие особенности присущи упругопластическим моделям поведения среды?
33. В чем особенности неоднородной упругопластической модели горных пород?
34. Каким образом отделяется упругая стадия деформирования от пластической?
35. На основании какой теории выполняется разработка уравнений связи напряжений и деформаций пород, подчиняющихся упругопластическому характеру деформирования?
36. Какие горные породы можно отнести к пластичным, а какие к хрупким?
37. Что из себя представляет горная порода в зоне разрушения?
38. Что понимается под радиусом разрушения?
39. Что понимается под термином “остаточная прочность”?
40. Какой процесс сопровождает разрушение породы?
41. Как ведет себя горная порода за пределами зоны разрушения?
42. Что понимается под термином “ползучесть”?
43. Через какой параметр осуществляется взаимосвязь между напряжениями и скоростью деформаций?
44. Назовите основные модели вязкоупругой среды
45. Какие стадии ползучести среды можно выделить?
46. Какие положения приняты в теории линейной наследственной среды?
47. Назовите основные уравнения теории линейной наследственной среды?
48. Что понимается под методом переменных модулей?
49. Что понимается под термином “релаксация напряжений”?
50. Назовите основные этапы развития деформаций в окрестности породного обнажения при рассмотрении среды как вязкопластической.
51. Что понимается под термином “устойчивость” породного обнажения?
52. Какие критерии оценки устойчивости породного обнажения существуют?
53. Каким образом выполняется оценка устойчивости породного обнажения на основании прочностного критерия?

54. Каким образом выполняется оценка устойчивости породного обнажения на основании деформационного критерия?
55. Каким образом выполняется оценка устойчивости породного обнажения на основании бального критерия?
56. Каким образом выполняется оценка устойчивости породного обнажения на основании временного критерия?
57. Назовите наиболее известный прочностной критерий оценки устойчивости породного обнажения?

## **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамен)**

### **6.2.1. Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену:**

#### **Раздел 2. Применение численных методов анализа для решения нелинейных задач геомеханики**

1. Какие системы относятся к геометрически нелинейным?
2. В чём состоит различие при обычном линейном расчёте и расчёте по деформируемой схеме?
3. Как осуществляется расчёт по деформированному состоянию способом последовательных приближений?
4. Что называется продольно-поперечным изгибом?
5. Как влияет на величину прогибов и изгибающих моментов при продольно-поперечном изгибе сжимающая или растягивающая продольная сила?
6. В чём состоит отличие эйлеровой силы, используемой при продольно-поперечном изгибе от критической нагрузки по формуле Эйлера?
7. Назовите зависимость между напряжениями и поперечной нагрузкой при продольно-поперечном изгибе?
8. Почему расчёт сжато-изогнутых стержней на продольно-поперечный изгиб следует производить по методу допускаемых нагрузок?
9. Как учитывается геометрическая нелинейность в стержневых системах, работающих на растяжение-сжатие МКЭ?
10. Что называют консервативной нагрузкой?
11. Как составляются обычные матрицы жёсткости конечных элементов?
12. Как составляются геометрические матрицы жёсткости конечных элементов?
14. Как составляются обычные матрицы жёсткости и геометрические матрицы жёсткости системы?
13. Как записывается основное уравнение МКЭ в задачах устойчивости?
14. Как находится форма потери устойчивости в МКЭ?
15. Как определяется критическую нагрузка в МКЭ?
16. Что понимается под явлением приспособляемости в конструкциях?
17. Какие фермы называются равнопрочными или не равнопрочными?
18. Какой вид имеют диаграммы при однократном и многократном нагружении равнопрочных и не равнопрочных ферм?
19. В чём заключается метод предельного равновесия?
20. Основные предположения и гипотезы метода предельного равновесия?
21. Постановки задач метода предельного равновесия?
22. Матричные формы записи статической и кинематической формулировок задач предельного равновесия?
23. Применение линейного программирования для решения задач предельного равновесия?

### **6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену:**

#### **Вариант 1:**

№ пп	Вопросы	Варианты ответов
1	К какому виду нелинейности относится расчет, обусловленный учетом нелинейной зависимости между компонентами обобщенных напряжений и деформаций $\sigma=f(\varepsilon)$ и характеризует работу материала в нелинейно-упругой области, упругопластической области или вязкопластической области	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физическая нелинейность</li> <li>2. Геометрическая нелинейность</li> <li>3. Конструктивная нелинейность</li> <li>4. Общая нелинейность</li> </ol>
2	К какому виду нелинейности относится расчет, когда имеет место, когда перемещения конструкции вызывают значительные изменения ее геометрии, так что уравнения равновесия приходится составлять с учетом изменения формы и размеров рассматриваемого объекта	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физическая нелинейность</li> <li>2. Геометрическая нелинейность</li> <li>3. Конструктивная нелинейность</li> <li>4. Общая нелинейность</li> </ol>
3	К какому виду нелинейности относится расчет, когда нелинейность возникает вследствие конструктивных особенностей системы, вызывающих изменение расчетной схемы в процессе ее деформирования (изменяются условия закрепления, выпадают или образуются новые связи, включаются или выключаются элементы системы, изменяется условие на контакте тел)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физическая нелинейность</li> <li>2. Геометрическая нелинейность</li> <li>3. Конструктивная нелинейность</li> <li>4. Общая нелинейность</li> </ol>
4	Какой вид нелинейности наиболее важен при решении задач геомеханики	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физическая нелинейность</li> <li>2. Геометрическая нелинейность</li> <li>3. Конструктивная нелинейность</li> <li>4. Общая нелинейность</li> </ol>
5	Какой вид нелинейности наиболее важен при решении задач, связанных с потерей устойчивости (формы) рассматриваемой системы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физическая нелинейность</li> <li>2. Геометрическая нелинейность</li> <li>3. Конструктивная нелинейность</li> <li>4. Общая нелинейность</li> </ol>
6	Какой вид нелинейности возникает при решении фильтрационных задач с неустановившимся режимом фильтрации	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физическая нелинейность</li> <li>2. Геометрическая нелинейность</li> <li>3. Конструктивная нелинейность</li> <li>4. Общая нелинейность</li> </ol>
7	Интенсивность касательных напряжений обозначается символом	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. q</li> <li>2. p</li> <li>3. <math>\tau</math></li> <li>4. s</li> </ol>
8	Средние напряжения обозначаются символом	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. q</li> <li>2. p</li> <li>3. <math>\tau</math></li> <li>4. s</li> </ol>
9	Испытания породы, при котором при $\sigma_1$ и $\varepsilon_1$ не равны нулю, $\varepsilon_2 = \varepsilon_3=0$ , а величина $\sigma_2 = \sigma_3$ определяются особенностью деформирования породы называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изотропное сжатие</li> <li>2. Одометрическое сжатие</li> <li>3. Трехосное сжатие</li> <li>4. Одноосное сжатие</li> </ol>

10	Испытания породы, при котором $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изотропное сжатие</li> <li>2. Одометрическое сжатие</li> <li>3. Трехосное сжатие</li> <li>4. Одноосное сжатие</li> </ol>
11	Испытание, при котором $\sigma_1 \geq \sigma_2 = \sigma_3$ называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изотропное сжатие</li> <li>2. Одометрическое сжатие</li> <li>3. Трехосное сжатие</li> <li>4. Одноосное сжатие</li> </ol>
12	При выполнении истинных трехосных испытаний пород какое соотношение между главными напряжениями должно выполняться	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3</math></li> <li>2. <math>\sigma_1 \geq \sigma_2 = \sigma_3</math></li> <li>3. <math>\sigma_1 = \sigma_2 \geq \sigma_3</math></li> <li>4. <math>\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3</math></li> </ol>
13	При проведении трехосных стабильно-метрических испытаний в каких осях чаще всего представляют результаты деформирования породы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>q - \gamma</math></li> <li>2. <math>\sigma - \tau</math></li> <li>3. <math>q - p</math></li> <li>4. <math>\varepsilon - \gamma</math></li> </ol>
14	При проведении сдвиговых испытаний в каких осях чаще всего представляют результаты деформирования породы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>q - \sigma</math></li> <li>2. <math>\sigma - \tau</math></li> <li>3. <math>\tau - \gamma</math></li> <li>4. <math>\varepsilon - \gamma</math></li> </ol>
15	Что понимается под термином траектория нагружения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изменение напряженного состояния в точке</li> <li>2. Уплотнение породы под нагрузкой</li> <li>3. Нагружение породы по определенной траектории</li> <li>4. Траектория, описывающая процесс</li> </ol>
16	В девиаторной плоскости соблюдается следующее условия напряженного состояния	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3</math></li> <li>2. <math>\sigma_1 &lt; \sigma_2 = \sigma_3</math></li> <li>3. <math>\sigma_1 = \sigma_2 &gt; \sigma_3</math></li> <li>4. <math>\sigma_1 &gt; \sigma_2 &gt; \sigma_3</math></li> </ol>
17	Меридиональная плоскость проходит через оси	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>I_1 - q</math></li> <li>2. <math>I_2 - p</math></li> <li>3. <math>p - q</math></li> <li>4. <math>I_1 - I_2</math></li> </ol>
18	Условию плоской деформации соответствует следующее напряженно-деформированное состояние	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. <math>\sigma_1 = 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 \neq 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 \neq 0</math></li> <li>1. <math>\sigma_1 \neq 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 \neq 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0</math></li> <li>2. <math>\sigma_1 = 0, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0</math></li> <li>3. <math>\sigma_1 = 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 = 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0</math></li> </ol>
19	Условию плоской деформации соответствует следующее напряженно-деформированное состояние	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\sigma_1 = 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 \neq 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 \neq 0</math></li> <li>2. <math>\sigma_1 \neq 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 \neq 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0</math></li> <li>3. <math>\sigma_1 \neq 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 = 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0</math></li> <li>4. <math>\sigma_1 = 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 = 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0</math></li> </ol>
20	В каких случаях необходимо проводить циклические испытания материала	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Если необходимо решать задачу, где формируется знакопеременное воздействие</li> <li>2. Если необходимо решать задачу, где формируется динамическое воздействие</li> <li>3. Если необходимо решать задачу, где формируется только статическое монотонное воздействие</li> <li>4. Верны варианты (1) и (2)</li> </ol>

**Вариант 2:**

№ пп	Вопросы	Варианты ответов
1	Графическое изображение прочности горных пород при всевозможных видах напряженного состояния называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Диаграмма деформирования</li> <li>2. Критерий (условие) прочности</li> <li>3. Паспорт прочности</li> <li>4. Круги Мора</li> </ol>
2	Аналитическое выражение прочности горных пород при всевозможных видах напряженного состояния называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Диаграмма деформирования</li> <li>2. Критерий (условие) прочности</li> <li>3. Паспорт прочности</li> <li>4. Круги Мора</li> </ol>
3	Увеличенные объема материала при пластическом сдвиге называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контракция</li> <li>2. Ползучесть</li> <li>3. Дилатансия</li> <li>4. Адгезия</li> </ol>
4	Какой вид испытаний используется для изучения изменения объема (уменьшения) материала при сжатии	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трехосное сжатие</li> <li>2. Одноосное сжатие</li> <li>3. Одноосное растяжение</li> <li>4. Изотропное сжатие</li> </ol>
5	Для чего используются модели поведения (деформирования) материала сформулированных в рамках механики сплошной среды	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для получения новых знаний о работе данного материал</li> <li>2. Для прогноза развития напряженно-деформированного состояния конструкций/породного массив состоящего из данного материала</li> <li>3. Для определения эквивалентных механических свойств для других моделей поведения материалов</li> <li>4. Используются только в академических целях для изучения разделов механики сплошной среды</li> </ol>
6	Какая последовательность должна быть выбрана при обосновании параметров модели поведения материалов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лабораторные испытания – Выбор модели материалов – Подбор параметров модели поведения материалов – Численное моделирование – Сравнение результатов с натурными наблюдениями</li> <li>2. Выбор модели материалов – Подбор параметров модели поведения материалов – Численное моделирование – Сравнение результатов с натурными наблюдениями – Лабораторное моделирование</li> <li>3. Численное моделирование – Сравнение результатов с натурными наблюдениями – Выбор модели материалов – Подбор параметров модели поведения материалов – Лабораторное моделирование</li> <li>4. Ни одна из вышеперечисленных</li> </ol>

7	В каких случаях грунты принято рассматривать как однофазную среду	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При их полном водонасыщении водой</li> <li>2. При их частичном водонасыщении водой</li> <li>3. Если вода в пористом пространстве отсутствует</li> <li>4. Если нет необходимости решать задачи фильтрации</li> </ol>
8	Условие, при котором процесс нагружения водонасыщенных грунтов не сопровождается формированием избыточного порового давления называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Консолидированное</li> <li>2. Дренированное</li> <li>3. Недренированное</li> <li>4. Антидренированное</li> </ol>
9	Условие, при котором процесс нагружения водонасыщенных грунтов сопровождается формированием избыточного порового давления называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Консолидированное</li> <li>2. Дренированное</li> <li>3. Недренированное</li> <li>4. Антидренированное</li> </ol>
10	Указать в каких горных породах при статическом монотонном нагружении формируется избыточное поровое давление	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Глинистые породы</li> <li>2. Каменная соль</li> <li>3. Песок</li> <li>4. Гравий</li> </ol>
11	Какой показатель влияет на форму поверхности пластического течения в девиаторной плоскости	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Угол дилатансии</li> <li>2. Сцепление</li> <li>3. Модуль деформации</li> <li>4. Угол Лоде</li> </ol>
12	Функция, которая ограничивает область допустимых напряжений от недопустимых называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Функцией дилатансии</li> <li>2. Функция пластического течения</li> <li>3. Функция пластического потенциала</li> <li>4. Функция Мизеса</li> </ol>
13	Функция, которая определяет направление развития пластических деформаций называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Функцией дилатансии</li> <li>2. Функция пластического течения</li> <li>3. Функция пластического потенциала</li> <li>4. Функция Мизеса</li> </ol>
14	Показатель, который определяет величину приращения пластических деформаций	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Коэффициент Пуассона</li> <li>2. Модуль сдвига</li> <li>3. Сцепление</li> <li>4. Пластический множитель</li> </ol>
15	Каким образом задается направление вектора пластического течения $f$ – функция поверхности пластического течения; $g$ – функция пластического потенциала; $\sigma$ – вектор напряжений; $h$ – закон упрочнения; $\lambda$ – пластический множитель	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\frac{\partial g}{\partial \sigma}</math></li> <li>2. <math>\frac{\partial f}{\partial \sigma}</math></li> <li>3. <math>\frac{\partial \sigma}{\partial h}</math></li> <li>4. <math>\frac{\partial \sigma}{\partial \lambda}</math></li> </ol>
16	Под ассоциированным законом пластического течения понимается	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Когда угол дилатансии равен 0</li> <li>2. Когда угол внутреннего трения равен 90</li> <li>3. Когда угол дилатансии равен углу внутреннего трения</li> <li>4. Когда функция поверхности пластического течения совпадает с функцией поверхности пластического потенциала</li> </ol>

17	Какой соотношение между углом дилатансии и углом внутреннего трения приводит к ассоциированному закону пластического течения для модели среды основанной на условии пластичности Кулон-Мора	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Угол дилатансии равен углу внутреннего трения</li> <li>2. Угол дилатансии больше угла внутреннего трения</li> <li>3. Угол дилатансии меньше угла внутреннего трения</li> <li>4. Угол дилатансии не равен углу внутреннего трения</li> </ol>
18	Какая матрица используется для связи между векторами напряжений и деформаций для упругой среды	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Матрица податливости</li> <li>2. Матрица когезионности</li> <li>3. Упругопластическая матрица</li> <li>4. Упругая матрица</li> </ol>
19	Какая матрица используется для связи между векторами напряжений и деформаций для упругопластической среды	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Матрица податливости</li> <li>2. Матрица когезионности</li> <li>3. Упругопластическая матрица</li> <li>4. Упругая матрица</li> </ol>
20	Какое состояние соответствует упругому поведению среды	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>f(\sigma, \varepsilon) &lt; 0</math></li> <li>2. <math>f(\sigma, \varepsilon) = 0</math> и <math>df(\sigma, \varepsilon) &lt; 0</math></li> <li>3. <math>f(\sigma, \varepsilon) = 0</math> и <math>df(\sigma, \varepsilon) = 0</math></li> <li>4. <math>f(\sigma, \varepsilon) &gt; 0</math></li> </ol>

**Вариант 3:**

№ пп	Вопросы	Варианты ответов
1	Какое состояние соответствует упруго-пластической разгрузке	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>f(\sigma, \varepsilon) &lt; 0</math></li> <li>2. <math>f(\sigma, \varepsilon) = 0</math> и <math>df(\sigma, \varepsilon) &lt; 0</math></li> <li>3. <math>f(\sigma, \varepsilon) = 0</math> и <math>df(\sigma, \varepsilon) = 0</math></li> <li>4. <math>f(\sigma, \varepsilon) &gt; 0</math></li> </ol>
2	Какое состояние соответствует упруго-пластическому нагружению	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>f(\sigma, \varepsilon) &lt; 0</math></li> <li>2. <math>f(\sigma, \varepsilon) = 0</math> и <math>df(\sigma, \varepsilon) &lt; 0</math></li> <li>3. <math>f(\sigma, \varepsilon) = 0</math> и <math>df(\sigma, \varepsilon) = 0</math></li> <li>4. <math>f(\sigma, \varepsilon) &gt; 0</math></li> </ol>
3	Какое состояние невозможно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>f(\sigma, \varepsilon) &lt; 0</math></li> <li>2. <math>f(\sigma, \varepsilon) = 0</math> и <math>df(\sigma, \varepsilon) &lt; 0</math></li> <li>3. <math>f(\sigma, \varepsilon) = 0</math> и <math>df(\sigma, \varepsilon) = 0</math></li> <li>4. <math>f(\sigma, \varepsilon) &gt; 0</math></li> </ol>
4	Что из себя представляет поверхность пластического течения, полученная на основании условия пластичности Мизеса в девиаторной плоскости	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Окружность</li> <li>2. Квадрат</li> <li>3. Шестигранник</li> <li>4. Треугольник</li> </ol>
5	Что из себя представляет поверхность пластического течения, полученная на основании условия пластичности Друкера-Прагера в девиаторной плоскости	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Окружность</li> <li>2. Квадрат</li> <li>3. Шестигранник</li> <li>4. Треугольник</li> </ol>
6	Что из себя представляет поверхность пластического течения, полученная на основании условия пластичности Кулона-Мора в девиаторной плоскости	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Окружность</li> <li>2. Квадрат</li> <li>3. Шестигранник</li> <li>4. Треугольник</li> </ol>
7	Что из себя представляет поверхность пластического течения, полученная на основании условия пластичности Ранки в девиаторной плоскости	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Окружность</li> <li>2. Квадрат</li> <li>3. Шестигранник</li> <li>4. Треугольник</li> </ol>
8	Указать при каком условии пластичности поверхность пластического течения не расширяется в девиаторной плоскости с увеличением средних напряжений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мизеса</li> <li>2. Друкера-Прагера</li> <li>3. Кулона-Мора</li> <li>4. Хока-Брауна</li> </ol>
9	Указать при каком условии пластичности поверхность пластического течения расширяется в девиаторной плоскости с увеличением средних напряжений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Треска</li> <li>2. Мизеса</li> <li>3. Друкера-Прагера</li> <li>4. Ни одним из выше перечисленных</li> </ol>
10	Что из себя геометрически представляет условие пластичности Мизеса в пространстве главных напряжений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цилиндр</li> <li>2. Пирамида, в основании которой шестигранник</li> <li>3. Вытянутый шестигранник</li> <li>4. Конус</li> </ol>
11	Что из себя геометрически представляет условие пластичности Друкера-Прагера в пространстве главных напряжений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цилиндр</li> <li>2. Пирамида, в основании которой шестигранник</li> <li>3. Вытянутый шестигранник</li> <li>4. Конус</li> </ol>

12	Что из себя геометрически представляет условие пластичности Кулона-Мора в пространстве главных напряжений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цилиндр</li> <li>2. Пирамида, в основании которой шестигранник</li> <li>3. Вытянутый шестигранник</li> <li>4. Конус</li> </ol>
13	Укажите уравнение, которое соответствует условию пластичности Кулона-Мора	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\tau = c + \sigma_n \tan \varphi</math></li> <li>2. <math>q = d + p \tan \beta</math></li> <li>3. <math>q = R_t/2</math></li> <li>4. <math>\tau = c</math></li> </ol>
14	Укажите уравнение, которое соответствует условию пластичности Друкера-Прагера	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\tau = c + \sigma_n \tan \varphi</math></li> <li>2. <math>q = d + p \tan \beta</math></li> <li>3. <math>q = R_t/2</math></li> <li>4. <math>\tau = c</math></li> </ol>
15	Какой параметр модели поведения среды основанной на условии пластичности Кулона-Мора лишний	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Модуль деформации</li> <li>2. Коэффициент поперечной деформации</li> <li>3. Сцепление</li> <li>4. Показатель пластического уплотнения</li> </ol>
16	Какое количество параметров необходимо для задания модели деформирования материала основанной на условии пластичности Кулона-Мора (классическая постановка)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3</li> <li>2. 4</li> <li>3. 5</li> <li>4. 6</li> </ol>
17	Какое количество параметров необходимо для задания модели деформирования материала основанной на условии пластичности Друкера-Прагера (классическая постановка)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3</li> <li>2. 4</li> <li>3. 5</li> <li>4. 6</li> </ol>
18	Какое количество параметров необходимо для задания модели деформирования материала основанной на условии пластичности Мизеса (классическая постановка)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3</li> <li>2. 4</li> <li>3. 5</li> <li>4. 6</li> </ol>
19	Модуль деформации породы определяется как	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отношение приращения продольных напряжений к приращению продольных деформаций</li> <li>2. Отношение поперечных деформаций к продольным деформациям</li> <li>3. Произведение поперечных деформаций и продольных деформаций</li> <li>4. Отношение объемных деформаций и деформаций формоизменения</li> </ol>
20	Коэффициент поперечной деформации породы определяется как	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отношение приращения продольных напряжений к приращению продольных деформаций</li> <li>2. Отношение поперечных деформаций к продольным деформациям</li> <li>3. Произведение поперечных деформаций и продольных деформаций</li> <li>4. Отношение объемных деформаций и деформаций формоизменения</li> </ol>

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий дифференцированного зачета:*

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Не владеет навыками, большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Посредственно владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Хорошо владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Отлично владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

#### 6.4.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3»(удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

**Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:**

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ДИСЦИПЛИНЫ**

**7.1. Рекомендуемая литература**

**7.1.1. Основная литература**

1. Ганджунцев М.И. Численные методы решения нелинейных задач геомеханики [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Ганджунцев М.И., А.А. Петраков — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017.— 101 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=64535>.— «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР».

2. Паначев, И.А. Основы теории упругости и пластичности [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / И.А. Паначев, И.В. Кузнецов, А.В. Покатилов. — Электрон. дан. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 107 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105416>

3. Физически нелинейные процессы в строительных конструкциях [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ В.П. Агапов [и др.]. - Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 129 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=20045>. — «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР».

**7.1.2. Дополнительная литература**

1. Демидович, Б.П. Основы вычислительной математики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 672 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2025>

2. А.И. Павлова Сборник задач по строительным конструкциям: Учебное пособие. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 143 с.

3. Масленников А.М. Начальный курс строительной механики стержневых систем [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Масленников А.М.— Электрон. текстовые данные. - СПб.: Проспект Науки, 2016.— 240 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=35838>. — «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР».

4. Хохлов, В.А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Хохлов, К.Н. Цукублина, Н.А. Куприянов, Н.А. Логвинова. — Электрон. дан. — Томск: ТПУ, 2011. — 228 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10323>

5. Хохлов, В.А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Хохлов, К.Н. Цукублина, Н.А. Куприянов, Н.А. Логвинова. — Электрон. дан. — Томск: ТПУ, 2011. — 228 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10323>.

6. Молотников, В.Я. Теория упругости и пластичности [Электронный ресурс] / В.Я. Молотников, А.А. Молотникова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 532 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94741>.

**7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Теория упругости: методические указания/ Сост. И.Ю. Смолина, Л.Е. Путеева. – Томск.: Изд-во Том. гос. архит. - стрит. ун-та, 2010. – 16 с. Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/2045784>

2. Пространственная задача теории упругости: варианты заданий и методические указания к выполнению расчетно-графической работы/ Сост. И.Ю. Смолина, Л.Е. Путеева – Томск.: Изд. - во Том. гос. арх. и т. - строит. ун-та, 2010. с. 22

3. Теория упругости. Объемное напряженное состояние: метод. указания / А.С. Демидов, Н. В. Полухина. – Екатеринбург: УрГУПС, 2016. – 16 с.

## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. КонсультантПлюс: справочно-поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/)
3. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК": <http://www.geoinform.ru/>
4. Информационно-аналитический центр «Минерал»: <http://www.mineral.ru/>
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus»: <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
9. Портал «Гуманитарное образование» <http://www.humanities.edu.ru/>
10. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
11. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
12. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
13. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>
14. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>
15. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
16. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
17. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru/>
18. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий (Учебный центр №1)**

Мебель и оборудование:

– 108 посадочных мест, стол письменный – 6 шт., парта – 48 шт., стол преподавательский – 1 шт., стул офисный – 14 шт., доска учебная – 2 шт., стенды тематические – 18 шт.

Компьютерная техника:

мультимедиа проектор Mitsubishi XD700U; экран LIGRA 452984 CINEDOMUS, 200×168/190×143/94", MW; подвеска для проектора; монитор 3M Dual-Touch Display 15" C1510PS ;шкаф-трибуна преподавателя; компьютер ViComp; источник бесперебойного питания Riello Vision (Line-interactive) VST 2000; кабельный эквалайзер Extron DVI 101 60-873-01; усилитель-распределитель Extron DVI DA2 60-886-02; коммутатор Extron SW2 DVI A Plus 60-964-21; контроллер Extron MLC 226 IP AAP 60-600-12; усилитель Extron MPA 152 (60-844-01); акустическая

система Extron SM 3 (42-133-02); проводной микрофон МД-99 (микрофон-М); микшер Extron MVC 121 Plus (60-1096-01).

### **Аудитории для проведения практических занятий (Учебный центр № 1).**

Мебель и оборудование:

– 16 посадочных мест, шкаф для документов – 3 шт., стол компьютерный (900×900×740) – 17 шт., стол компьютерный (1400×600×740) – 1 шт., стол письменный (1600×800×730) – 3 шт., стул офисный - 18 шт., стул ИСО – 8 шт., доска – 1 шт.

Компьютерная техника:

– принтер HP Laser Jet P3005 – 1 шт., системный блок Ramec Storm - 15 шт., компьютер HP P3400 MT G530 – 1 шт., монитор ЖК Samsung 20" - 1 шт., монитор ЖК Samsung 24" – 14 шт., монитор ЖК HP 21,5 – 1 шт., коммутатор сетевой HP 3100-24 EI – 1 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

Мебель и оборудование:

– 10 посадочных мест, стол компьютерный (110×90×82) – 10 шт.; стол (160×80×72) – 1 шт., стол (180×96×75) – 1 шт., стол (250×110×72) – 1 шт., стол (80×80×72) – 3 шт., стол (140×80×72) – 1 шт., шкаф книжный (стеллаж 90×40×120, тумба 90×40×82) – 3 шт., доска – 1 шт.

Компьютерная техника:

– принтер HP Laser Jet P4014 DN - 1 шт., сканер Epson V 350 proto – 2 шт., системный блок Ramec Storm – 1 шт., системный блок RAMES GALE AL с монитором BenQ GL2450 (тип 1) – 10 шт., системный блок HP Z600 - 1 шт., монитор ЖК Samsung Sync Master 20~ P2070 – 1 шт., монитор ЖК HP2510i Pavilion – 1 шт., принтер Xerox Phaser 3610dn – 1 шт., коммутатор управляемый сетевой HP ProCurve 2510 – 1 шт.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение**

Microsoft Windows 7 Professional ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 "На поставку компьютерного оборудования" ГК № 959-09/10 от 22.09.10 "На поставку компьютерной техники" ГК № 447-06/11 от 06.06.11 "На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 "На поставку оборудования" Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 "На поставку компьютерного оборудования" Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 "На поставку компьютерного оборудования" ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 "На поставку продукции" Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011 Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011 Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 "На поставку программного обеспечения" Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1.

Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 "На поставку компьютерного оборудования" Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 "На поставку компьютерного оборудования" ГК № 671-08/12 от 20.08.2012. "На поставку продукции" Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011 Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011 Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011. CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 "На поставку программного обеспечения". Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1 Лицензия № 8758 Ing+ 2012 договор Д150(44)-06/17 от 29.06.2017 – бессрочный. SOFiSTiK 2082-005 LocS.N.: 3-3365725 договор 04-16/И-006 от 26.01.2016 – бессрочный. Infrastructure Design Suite Ultimate 2017. AutoCAD. AutoCAD Map 3D Storm and Sanitary Analysis. AutoCAD Raster Design ReCap. AutoCAD Civil 3D. AutoCAD Utility Design 3ds Max. Revit Navis-

works Manage Robot Structural Analysis Professional (Договор № 110001021779 от 17.08.2015) на 125 рабочих мест. Abaqus договор ГК 383-05/11(от 24.05.2011 бессрочный).

Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012);

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012);

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).