

**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**

  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор А.Г. Протосеня

**УТВЕРЖДАЮ**

  
Декан строительного факультета  
доцент П.А. Деменков

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ОСВОЕНИИ  
ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Подготовка кадров высшей квалификации
<b>Направление подготовки:</b>	21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых
<b>Направленность (профиль):</b>	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Нормативный срок обучения:</b>	4 года
<b>Составитель:</b>	д.т.н., проф. А.Г. Протосеня

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Геомеханические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки РФ № 886 от 30 июля 2014 (ред. от 30.04.2015);
- на основании учебного плана направленности (профиля) «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых.

**Составитель**



д.т.н., проф. А.Г. Протосеня

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры строительства горных предприятий и подземных сооружений от «30» августа 2019 г., протокол № 1.**

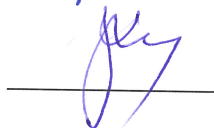
**Рабочая программа согласована:**

Декан факультета аспирантуры  
и докторантуры



к.т.н. В.В. Васильев

Заведующий кафедрой строительства  
горных предприятий и подземных  
сооружений



д.т.н., проф. А.Г. Протосеня

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели дисциплины:

цель дисциплины «Геомеханические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства» приобретение аспирантами комплекса представлений и знаний о современных подходах и инструментах к оценке геомеханического состояния породного массива при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства.

### Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение вопросов особенностей развития геомеханических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства;
- изучения эффективных способов применения численных методов анализа для решения задач геомеханики при освоении подземного пространства;
- изучение особенностей деформирования и разрушения грунтов и горных пород и методов проведения лабораторных испытаний;
- изучение вопросов прогноза геомеханических процессов при освоении подземного пространства;
- изучение геомеханических моделей поведения породного массива и областей их практического применения;
- изучение методов оценки устойчивости и несущей способности элементов системы разработки месторождений полезных ископаемых и породных обнажений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Геомеханические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства» относится к дисциплинам по выбору Блока 1 «Вариативная часть» основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (ОПОП ВО аспирантуры) по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых, направленности (профиля) «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» и изучается в 3 и 4 семестрах.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины обучающимися направлен на закрепление формирования компетенции: ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4. В результате изучения дисциплины обучающийся должен демонстрировать способность и готовность научно-исследовательской деятельности в области геомеханики:

- осуществлять разработку физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере;
- планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития в общетехническом, общенаучном и социальном контекстах.

### 3.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны приобрести:	Этапы формирования*
1.	ОПК-1	способностью планировать и проводить эксперименты,	<b>Знать:</b> Методы экспериментальных исследований.	В соответствии с учебным

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны приобрести:	Этапы формирования*
		обрабатывать и анализировать их результаты	<b>Уметь:</b> Анализировать результаты научных исследований и составлять научно-технические отчеты. <b>Владеть:</b> навыками написания научных отчетов и научных статей.	планом
2.	ПК-1	Готовность проводить определения прочностных и деформационных характеристик горных пород в лабораторных и натуральных условиях, в том числе при наличии структурно-механических ослаблений, закономерностей деформирования различных типов пород, геомеханических моделей породных массивов, концентрации напряжений вокруг выработок и методов определения их устойчивости	<b>Знать:</b> Способы определения прочностных и деформационных характеристик в лабораторных и натуральных условиях. <b>Уметь:</b> Обрабатывать результаты экспериментальных исследований прочностных и деформационных характеристик. <b>Владеть:</b> Методами анализа и оценки экспериментальных и деформационных характеристик горных пород.	В соответствии с учебным планом
3.	ПК-2	Готовность проводить оценку напряженно-деформированного состояния массива горных пород, определять закономерности геомеханических процессов, происходящих в результате производства горных работ при строительной, открытой и подземной геотехнологиях и освоении подземного пространства, определять нагрузки на крепь выработок и конструкции подземных сооружений, их параметры по нормативным документам и численными методами	<b>Знать:</b> Методы оценки напряженно-деформированного состояния породного массива при строительной, открытой и подземной геотехнике и освоении подземного пространства. <b>Уметь:</b> Использовать методы оценки напряженно-деформированного состояния породного массива при строительной, открытой и подземной геотехнике и освоении подземного пространства. <b>Владеть:</b> методами анализаа результатов расчета напряженно-деформированного состояния породного массива при строительной, открытой и подземной геотехнике и освоении подземного пространства.	В соответствии с учебным планом
4.	ПК-3	Способность организовывать теоретические и экспериментальные исследования гидро-, пыле-, аэро-, газо- и термодинамических процессов, протекающих в технических системах освоения недр для разработки методов и средств управления аэрогазодинамическими и тепловыми процессами при освоении минеральных, энергетических и	<b>Знать:</b> Методы организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований гидро-, пыле-, аэро-, газо- и термодинамических процессов, протекающих в технических системах освоения недр для разработки методов и средств управления аэрогазодинамическими и тепловыми процессами при освоении минеральных, энергетических и пространственных ресурсов недр. <b>Уметь:</b> обрабатывать результаты теоретических и экспериментальных	В соответствии с учебным планом

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны приобрести:	Этапы формирования*
		пространственных ресурсов недр	исследований гидро-, пыле-, аэро-, газо- и термодинамических процессов, протекающих в технических системах освоения недр для разработки методов и средств управления аэрогазодинамическими и тепловыми процессами при освоении минеральных, энергетических и пространственных ресурсов недр. <b>Владеть:</b> Методами анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований гидро-, пыле-, аэро-, газо- и термодинамических процессов, протекающих в технических системах освоения недр для разработки методов и средств управления аэрогазодинамическими и тепловыми процессами при освоении минеральных, энергетических и пространственных ресурсов недр.	
5.	ПК-4	Готовность проводить физическое и математическое моделирование взрывных процессов, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи твердых полезных ископаемых, характеристик современного ассортимента, составов и свойств промышленных взрывчатых материалов, оборудования и приборов взрывного дела	<b>Знать:</b> - методы создания физических, математических и численных моделей геомеханических и аэрогазодинамических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства. <b>Уметь:</b> - разрабатывать физические, математические и численные модели геомеханических и аэрогазодинамических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства. <b>Владеть:</b> - методами проведения физического, математического и численного моделирования и разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики.	В соответствии с учебным планом

\*Основными этапами формирования компетенций обучающихся при освоении дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий в течение учебного семестра (семестров).

### 3.2. Планируемые результаты обучения и критерии оценивания

В результате обучения по дисциплине обучающийся должен обрести знания, умения и навыки, указанные в разделе 3.1 настоящей программы.

Уровень освоения компетенции обучающимися на каждом этапе ее формирования определяется на основании результатов текущего контроля последовательного изучения содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Уровень освоения компетенций обучающимися по итогам изучения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттестации. Критерии оценивания сформированности компетенций, применяемые в процессе освоения этапов дисциплины и по итогам ее изучения, приведены в разделе 6 настоящей программы.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина включает в себя 2 раздела, содержание которых направлено на изучение теории и методологии теоретических и экспериментальных исследований в области геомеханики

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 180 часов, 5 зачётных единиц. Дисциплина изучается в 3 и 4 семестре по очной форме обучения. Форма контроля для очной формы обучения: дифференцированный зачет.

##### 4.1. Распределение трудоемкости освоения дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	3 семестр	4 семестр
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>180</b>	<b>76</b>	<b>104</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
Лекции	8	4	4
Практические занятия	16	8	8
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>156</b>	<b>64</b>	<b>92</b>
Вид аттестации – дифф. зачет (ДЗ)	ДЗ	ДЗ	ДЗ

##### 4.2. Темы учебной дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа аспиранта
1.	Раздел 1. Фундаментальные основы развития геомеханических процессов при освоении подземного пространства	76	4	8	-	64
2.	Раздел 2. Методы математического моделирования геомеханических процессов при освоении подземного пространства	106	4	8	-	92
	<b>Итого:</b>	<b>180</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>156</b>

##### 4.3. Содержание учебной дисциплины

###### 4.3.1. Содержание лекционных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий
1.	Фундаментальные основы	Механизм деформирования и разрушения горных пород и грунтов.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий
	развития геомеханических процессов при освоении подземного пространства	Микроструктурные модели деформирования и разрушения горных пород и грунтов. Современные методы изучения механического поведения горных пород и грунтов.
		Развитие геомеханических процессов в окрестности породных обнажений. Классификация горных пород и грунтов по форме потери устойчивости породных обнажений. Критерии оценки устойчивости породных обнажений.
2.	Методы математического моделирования геомеханических процессов	Теоретические положения разработки моделей деформирования геоматериалов. Современные математические модели деформирования и разрушения горных пород и грунтов.
		Численные методы прогноза геомеханических и геодинамических процессов, их достоинства и недостатки, область эффективного применения. Практика применения численных методов анализа геомеханических процессов при освоении подземного пространства.

#### 4.3.2. Содержание практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Интерпретация результатов лабораторных испытаний, установление законов пластического деформирования геоматериалов	4
2		Анализ устойчивости породных обнажений в структурно-нарушенном породном массиве	4
3	Раздел 2	Численная реализация упругопластической модели деформирования горной породы на основании условия пластичности Друкера-Прагера	4
4		Моделирование нелинейных процессов в породном массиве при освоении подземного пространства	4
<b>Итого:</b>			<b>16</b>

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

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) 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 (проектов).

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**

### **6.1. Цель и основные задачи текущего контроля по дисциплине**

Текущий контроль имеет целью проверить ход формирования компетенций в соответствии с этапами ее освоения. Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования обучающихся по результатам выполнения самостоятельной работы. Основными формами текущего контроля знаний являются:

- обсуждение на консультациях вопросов тем и контрольных вопросов (устный ответ);
- участие в дискуссии по наиболее актуальным темам дисциплины (устный ответ);
- выполнение индивидуальных заданий.

### **Раздел 1. Фундаментальные основы развития геомеханических процессов при освоении подземного пространства**

1. Какие массивы относят к однородным?
2. Что понимается под термином горная порода?
3. Что такое элементарный объем?
4. Что понимается под термином механические свойства?
5. Какие виды испытаний вы знаете?
6. Что является целью испытания горных пород?
7. Какие основные методы испытания горных пород вы знаете?
8. Какие выделяют стадии реализации проекта горного предприятия?
9. Какие виды инженерных изысканий вы знаете?
10. От чего зависят требования к надежности испытаний?
11. Каким образом выбирают места отбора проб горных пород?
12. Каким образом выполняется перевозка образцов проб горных пород?
13. Зачем выполняется парафинирование образцов проб пород?
14. От чего зависит количество проб горных пород?
15. От чего зависят размеры образцов горных пород?
16. Что такое масштабный эффект?
17. От чего зависит надежность определения показателей механических свойств пород?
18. Какие механические показатели пород вы знаете?
19. Дать определение понятию напряженное состояние массива.
20. Как определяются вертикальные и горизонтальные напряжения породного массива?
21. Что такое коэффициент бокового давления?
22. Объяснить каким образом формируется начальное поле напряженное состояние в соответствии с теорией Динника?
23. Что такое гидростатическое распределение напряжений?
24. Как изменяется начальное напряженное состояние в тектонических зонах массива?
25. В каких формах может проявляться горное давление?
26. Что понимается под динамическим проявлением горного давления?
27. Что понимается под термином снимаемые напряжения?
28. Что происходит в окрестности горной выработки после снятия напряжений?
29. Чему равен коэффициент бокового давления в гидростатическом поле напряженного состояния?



30. Дать определение радиальным и тангенциальным напряжениям.
31. Чему равны радиальные напряжения на контуре выработки?
32. Какие факторы оказывают влияние на характер распределения напряжений в окрестности горной выработки?
33. Что понимается под коэффициентом концентрации напряжений?
34. Как изменяются радиальные и тангенциальные напряжения по мере удаления от контура выработки?

## **Раздел 2. Методы математического моделирования геомеханических процессов при освоении подземного пространства**

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.

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

### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену:**

1. Что изучает геомеханика?
2. В чем задача дисциплины геомеханика?
3. Что понимается под термином механические свойства?
4. Какие виды испытаний вы знаете?
5. От чего зависит надежность определения показателей механических свойств пород?
6. Назовите основные показатели прочностных свойств?
7. Зачем выполняется определение длительной прочности пород?
8. Что из себя представляет полная диаграмма деформирования горной породы?
9. Чем отличается пластичный характер разрушения от хрупкого?
10. Как оказывает влияние всестороннее обжатие породы на ее характер ее деформирования?
11. Что понимается под анизотропией механических свойств пород?
12. Назовите наиболее известный метод оценки влияния трещиноватости на деформационные свойства пород?
13. Какие виды моделирования используются при изучении развития геомеханических процессов?
14. В чем преимущество математического моделирования?
15. Каким образом идеализируют породный массив при геомеханическом моделировании.
16. Какие методы математического моделирования используются для прогноза геомеханических процессов?
17. Как называется закон, который связывает напряжения и деформации для упругих сред?
18. Какие особенности присущи упругопластическим моделям поведения среды?
19. В чем особенности неоднородной упругопластической модели горных пород?
20. Каким образом отделяется упругая стадия деформирования от пластической?
21. На основании какой теории выполняется разработка уравнений связи напряжений и деформаций пород, подчиняющихся упругопластическому характеру деформирования?
22. Что из себя представляет горная порода в зоне разрушения?
23. Что понимается под радиусом разрушения?

24. Какой процесс сопровождает разрушение породы?
25. Как ведет себя горная порода за пределами зоны разрушения?
26. Что понимается под термином “ползучесть”?
27. Какие стадии ползучести среды можно выделить?
28. Назовите основные этапы развития деформаций в окрестности породного обнажения при рассмотрении среды как вязкопластической.
29. Что понимается под термином “устойчивость” породного обнажения?
30. Какие критерии оценки устойчивости породного обнажения существуют?
31. Каким образом выполняется оценка устойчивости породного обнажения на основании прочностного критерия?
32. Каким образом выполняется оценка устойчивости породного обнажения на основании деформационного критерия?
33. Каким образом выполняется оценка устойчивости породного обнажения на основании бального критерия?
34. Назовите наиболее известный прочностной критерий оценки устойчивости породного обнажения?

### **6.3. Критерии оценивания устных ответов обучающихся**

Развернутый ответ аспиранта должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

При оценке ответа аспиранта необходимо руководствоваться следующими критериями:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изучаемого материала;
- 3) знание терминологии и правильное ее использование;
- 4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

### **6.4 Цель и основные задачи дифференцированного зачёта по дисциплине**

Дифференцированный зачет имеет целью проверить знание и понимание обучающимися содержания дисциплины и уровня сформированности компетенции. Индекс контролируемой компетенции – ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4.

### **6.5. Порядок проведения дифференцированного зачета**

Дифференцированный зачет проводится путем представления обучающимися индивидуального задания, выполненного во время самостоятельной работы, которое затем проверяется преподавателем с выставлением дифференцированных оценок. После проверки задания может проводиться его обсуждение с преподавателем.

### **6.6. Критерии и процедура оценивания результатов дифференцированного зачета**

Оценки за задание выставляются, исходя из следующих критериев:

— **«отлично» (5)**: если обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал лекций и демонстрирует это в задании, все документы выполнены без ошибок, последовательно, грамотно и логически построены, излагает свои решения, хорошо их объясняя и обосновывая;

— **«хорошо» (4)**: если обучающийся твердо знает программный материал, не допускает существенных неточностей в его изложении, использует ограниченный круг источников, вместо своего решения в задании излагает одно из стандартных.

— «удовлетворительно» (3): если обучающийся поверхностно усвоил основной материал лекций, не знает деталей, допускает неточности, при разработке задания привлекает мало оригинального материала, пользуясь, в основном, стандартными решениями и формулировками;

— «неудовлетворительно» (2): если обучающийся не знает значительной части программного материала, в задании допущены существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет или, по существу, не выполняет задания, не может его объяснить.

Оценки по результатам проверки индивидуального задания объявляются обучающимся и заносятся в зачетную ведомость.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

### 7.1. Обеспеченность литературой

#### Основная:

1. Протосеня А.Г. Геомеханика массивов и устойчивость подготовительных выработок [текст]/ Протосеня А.Г., Жихарев С.Я., Долгий И.Е. – СПб.: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ). – 2004. – 240 с.
2. Протосеня А.Г. Геомеханика [Текст] : учеб. Пособие / А.Г. Протосеня. – СПб. : ЛЕМА, 2017. – 117 с. – Библиогр.: с. 116 (9 назв.). – ISBN 978-5-00101-163-3 : 50.00 р.
3. Протосеня А.Г. Механика подземных сооружений [Текст] : учеб. Пособие / А.Г. Протосеня, М.А. Карасев – СПб. : Горн. Ун-т, 2013. – 113 с. – Библиогр.: с. 111 (14 назв.). – ISBN 978-5-94211-648-4 : 39.00 р.
4. Ставрогин А.Н. [текст]: Пластичность горных пород — М.: Недра, 1979 г.
5. Механика подземных сооружений. Пространственные модели и мониторинг [текст]/ Протосеня А.Г., Огородников Ю.Н., Деменков П.А., Карасев М.А. [и др.] — СПб.: СПбГУ-МНЭБ. – 2011. – 355с. сил.
6. Ставрогин А.Н. Экспериментальная физика и механика горных пород [текст]/ Ставрогин А.Н., Тарасов Б.Г. – СПб.: Наука. — 2001. – 343 с.:288 ил.
7. Ставрогин А.Н. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах [текст]/ Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. – М.: Недра. – 1985. – 271 с.
8. Ставрогин А.Н. Механика деформирования и разрушение горных пород [текст]/ Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. – М.: Недра – 1992. – 224с.: ил.
9. Трушко В.Л. Геомеханика массивов и динамика глубоких рудников [текст]/ В.Л. Трушко, А.Г. Протосеня, П.Ф. Матвеев, Х.М. Совмен – СПб.: Санкт-Петербургский горный институт. – 2000. – 396с.
10. Боровков, Ю. А. Геомеханика : учебник / Ю. А. Боровков. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 356 с. — ISBN 978-5-8114-4124-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133896>.
11. Мартыянов, В. Л. Геомеханика. Управление состоянием массива горных пород при открытой геотехнологии : учебное пособие / В. Л. Мартыянов, О. И. Литвин, С. О. Марков. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 260 с. — ISBN 978-5-00137-112-0. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145126>.
12. Кириченко, Ю. В. Геомеханика: инженерно-геологическое обеспечение управления состоянием массивов горных пород : учебное пособие / Ю. В. Кириченко, В. В. Ческидов, С. А. Пуневский. — Москва : МИСИС, 2017. — 90 с. — ISBN 978-5-906846-37-2. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105287>
13. Зерцалов, М. Г. Геомеханика : учебно-методическое пособие / М. Г. Зерцалов, И. Н.

- Хохлов. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2022. — 108 с. — ISBN 978-5-7264-3033-1. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/262346>.
14. Геомеханическое обоснование подземных горных работ : учебник / Б. Д. Терентьев, В. В. Мельник, Н. И. Абрамкин, К. С. Коликов. - Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. - 279 с. - ISBN 978-5-906953-01-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1222608> (дата обращения: 14.12.2022).
  15. Норель, Б. К. Энергетические и временные характеристики предельного состояния горных пород : монография / Норель Б. К., Петров Ю. В., Селютина Н. С. - 2-е изд. — Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2019. — 132 с.. - ISBN 978-5-288-05918-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1054134>.
  16. Вознесенский, А. С. Моделирование физических процессов в горном деле : компьютерное моделирование : практикум / А. С. Вознесенский, М. Н. Красилов, Я. О. Куткин. - Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. - 97 с. - ISBN 978-5-906953-08-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1221429>.

#### **Дополнительная:**

1. Pietruszczak S. Fundamentals of Plasticity in Geomechanics. CRC Press, 1st edition, 2020, p. 206.
2. Mogi K. Experimental Rock Mechanics (Geomechanics Research Series). CRC Press, 1st edition, 2019, p. 361.
3. Kwasniewski M., Li X., Takahashi M. True Triaxial Testing of Rocks (Geomechanics Research Series), CRC Press; 1st edition, 2017, p. 384.
4. Rock Mass Response to Mining Activities (Geomechanics Research). CRC Press; 1st edition, 2021, p. 192.
5. Morita N. Finite Element Programming in Non-linear Geomechanics and Transient Flow. Gulf Professional Publishing, 2021, p. 525.
6. Pande G.N., Pietruszczak S., et al. Numerical Models in Geomechanics. CRC Press; 1st edition, 2020, p. 661.
7. Saxena K.R. Distinct Element Modelling in Geomechanics. Routledge; 1st edition, 2018, p. 234.
8. Mašín D. Modelling of Soil Behaviour with Hypoplasticity: Another Approach to Soil Constitutive Modelling (Springer Series in Geomechanics and Geoengineering). Springer; 1st ed. 2019, p. 303.
9. Frossard E. Granular Geomaterials Dissipative Mechanics: Theory and Applications in Civil Engineering. Wiley-ISTE; 1st edition, p. 309.
10. Aydan Ö. Rock Mechanics and Rock Engineering. CRC Press; 1st edition, 2022.
11. Xia-Ting Feng. Rock Mechanics and Engineering. Volume 1-5. CRC Press; 1st edition, 2017, p. 760.
12. Nakai T. Constitutive modeling of geomaterials. Principles and applications. CRS press, 2013, p. 337.
13. Potts D., Zdravkovic L. Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering. Theory. Thomas Telford, 2001, p. 440.
14. Potts D., Zdravkovic L. Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering. Application. Thomas Telford, 2001, p. 427.
15. Wood D.M. Geotechnical modelling. 2002.

#### **7.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта**

- методические указания для самостоятельной работы аспирантов;
- индивидуальное задание по дисциплине.

### **7.3. Ресурсы сети «Интернет»**

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».
2. Библиотека ГОСТов [www.gostrf.com](http://www.gostrf.com).
3. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>
4. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России. <http://www.gpntb.ru/>
5. Каталог образовательных интернет ресурсов <http://www.edu.ru/modules.php>
6. Электронные библиотеки: <http://www.pravoteka.ru/>, <http://www.zodchii.ws/>, <http://www.tehlit.ru/>.
7. Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании <http://www.ict.edu.ru>

### **7.4 Электронно-библиотечные системы:**

- ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>
- ЭБС «ZNANIUM.COM» <https://znanium.com>
- ЭБС «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>
- ЭБС «Elibrary» <https://elibrary.ru>
- Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL» <https://informsystema.ru>
- Система автоматизации библиотек «ИРБИС 64» <https://elnit.org>

### **7.5 Современные профессиональные базы данных:**

- Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>
- «Clarivate Analytics» <https://Clarivate.com>
- «Springer Nature» <http://100k20.ru/products/journals/>

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

Лекционный курс читается с мультимедийным сопровождением - демонстрацией презентационного материала с помощью мультимедийного проектора. Специализированные аудитории, используемые при проведении лекционных и практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

### **8.1. Специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации**

Аудитория площадью 92 м<sup>2</sup> с общим количеством 41 посадочное место.

Мебель и оснащение: стол аудиторный для аспирантов (Тип 1,2) Canvaro ASSMANN – 20 шт., стол преподавательский – 1 шт., стул 7874 A2S зеленый (7964=56) – 40 шт., трибуна – 1 шт., доска учебная с регулировкой высоты Sliding Board 6843.211 A2S – 1 шт., моноблок Lenovo C40-30 21.5 FHD Intel Core i3-5005U – 1 шт., телевизор LG84UB980V – 1 шт., светильник Tandem 2x1x28W настенный, белый – 1 шт., плакаты в рамках – 10 шт.

### **8.2. Помещения для практических занятий**

Аудитория площадью 115 м<sup>2</sup> с общим количеством 34 посадочных места.

Мебель и оснащение: стол преподавательский – 2 шт., стол аудиторный для аспирантов (Тип 1,2) Canvaro ASSMANN – 16 шт., стол компьютерный для аспирантов (Тип 5) – 3 шт., стул 7874 A2S зеленый (7964=56) – 39 шт., трибуна – 1 шт., доска учебная с регулировкой высоты Sliding Board 6843.211 A2S – 2 шт., моноблок Lenovo C40-30 21.5 FHD Intel Core i3-5005U – 34 шт.,

телевизор LG84UB980V – 1 шт., телевизор Samsung UE40J5100AU – 1 шт., светильник Tandem 2x1x28W настенный, белый – 2 шт., шкаф комбинированный Allvia ASSMANN – 3 шт., плакаты в рамках – 9 шт.

### **8.3. Помещения для самостоятельной работы**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места аспирантов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для аспирантов (тип 4) – 3 шт., стол компьютерный для аспирантов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для аспирантов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм – 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

### **8.4. 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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: 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)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

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

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стула – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

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

#### 8.5. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012

2. Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

3. Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

#### 8.6 Библиотека Университета

Месторасположение	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
<p>199106, г. Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2-4/45, лит. А Главная библиотека учебного центра №1  Аудитория № 1165 - читальный зал</p>	<p>Аппарат Xerox W.Centre 5230- 1 шт; Сканер K.Filem - 1 шт; Копир. Аппарат -1 шт; Кресло – 521AF-1 шт; Монитор ЖК HP22-1 шт; Монитор ЖК S.17-11 шт; Принтер HP L/Jet-1 шт; Системный блок HP6000 Pro-1 шт; Системный блок Ramec S. E4300-10 шт; Сканер Epson V350-5 шт; Сканер Epson 3490-5 шт; Стол 160*80*72-1 шт; Стул 525 BFH030-12 шт; Шкаф каталожн. -20 шт; Стул «Кодоба» -22 шт; Стол 80*55*72-10 шт Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.</p>	<p>Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Windows 8 Professional, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, CorelDRAW Graphics Suite X5 Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС) - MARK-SQL, Ирбис</p>
<p>199106, г. Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2-4/45, лит. А Главная библиотека учебного центра №1  Аудитория № 1171 - читальный зал</p>	<p>Книжный шкаф 1000*3300*400-17 шт; Стол, 400*180 Титаник «Pico» -1 шт; Стол письменный с тумбой -37 шт; Кресло «Cannes» черное-42 шт; Кресло (кремовое) -37 шт; Телевизор 3DTV Samsung UE85S9AT-1 шт; Монитор Benq 24-18 шт; Цифровой ИК-трансивер TAIDEN -1 шт; Пульт для презентаций R700-1 шт; Моноблок Lenovo 20 HD 19 шт; Сканер Xerox 7600- 4шт; Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.</p>	<p>Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Windows 8 Professional, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, CorelDRAW Graphics Suite X5 Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС) - MARK-SQL, Ирбис</p>
<p>199406, г. Санкт-Петербург, Малый проспект В.О., д.83, лит. В Библиотека учебного</p>	<p>Читальный зал Количество посадочных мест – 83 Общая площадь (кв.м.) - 347,9 Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-</p>	<p>Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Windows 8 Professional, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security,</p>



<p>центра №3</p> <p>Аудитории № 327-329 - читальные залы</p>	<p>образовательную среду Университета. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно- образовательную среду Университета. 44 посадочных места Столы аудиторный для аспирантов – 22 шт., стулья – 40 шт., компьютерное кресло 7875 A2S – 4шт., доска настенная, белая, магнитно-маркерная, системный блок – 1 шт., монитор– 2 шт., документ-камера – 1 шт., мультимедиа проектор– 1шт, экран с пультом настенный выдвижной – 1 шт., плакаты 6 шт</p>	<p>CorelDRAW Graphics Suite X5 Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС) - MARK-SQL, Ирбис</p>
--	---	---

## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

*Рабочая программа «Геомеханические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства» дисциплины рассмотрена и актуализирована на заседании кафедры строительства горных предприятий и подземных сооружений*

№ п/п	№ протокола заседания кафедры	Дата протокола кафедры	Основание
1	1	31.08.2020	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д033(44)-04/20 от 28.04.2020
2	1	31.08.2021	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д041(44)-04/21 от 28.04.2021
3	1	30.08.2022	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д063(44)-04/22 от 28.04.2022