

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 программы
аспирантуры
профессор В.Н. Гусев**

УТВЕРЖДАЮ

**Декан строительного факультета
профессор П.А. Деменков**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Уровень высшего образования:	подготовка кадров высшей квалификации
Направление подготовки:	21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых
Направленность (профиль):	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
Форма обучения:	очная
Нормативный срок обучения:	4 года
Составитель:	к.т.н., доцент Е.М. Волохов

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Моделирование геомеханических процессов» составлена:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых (уровень профессионального образования: высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации), утв. приказом Минобрнауки России № 886 от 30 июля 2014 (ред. от 30.04.2015);

- на основании учебного плана направленности (профиля) «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр» по направлению 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых.

Составитель:



к.т.н., доцент Волохов Е.М.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Маркшейдерского дела от «1» сентября 2019 г., протокол № 1.

Рабочая программа согласована:

Декан факультета аспирантуры
и докторантуры



к.т.н., доц.

В.В. Васильев

Заведующий кафедрой
маркшейдерского дела



д.т.н., проф.

Гусев В.Н.

ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины «Моделирование геомеханических процессов» рассмотрена и актуализирована на заседании кафедры маркшейдерского дела

№ п/п	№ протокола заседания кафедры	Дата протокола кафедры	Основание
1	1	01.09.2020	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д033(44)-04/20 от 28.04.2020
2	1	01.09.2021	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д041(44)-04/21 от 28.04.2021
3	1	01.09.2022	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д063(44)-04/22 от 28.04.2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели дисциплины:

получение представлений о современных методах моделирования геомеханических процессов, происходящих в горных породах и грунтах при ведении горных работ, освоение и применение специального программного обеспечения, позволяющего получать распределения сдвижений, деформаций и напряжений в породных массивах и анализировать физическую природу указанных геомеханических процессов.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

изучение основных теоретических концепций для представления геомеханических процессов с помощью аналитических и численных методов; изучение наиболее распространенных гипотез формирования естественно напряженно-деформированного состояния породных массивов и основных закономерностей развития этих процессов при ведении горных работ; овладение базовым методом оценки вредного влияния этих процессов на здания, сооружения и природные объекты; формирование представления о базовых принципах моделирования геомеханических процессов, оценки на его основе степени вредного влияния горных работ и обоснования мер охраны зданий, сооружений и природных объектов на основе современных подходов, обеспечивающих анализ геомеханических процессов на уровне анализа их физической сущности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Моделирование геомеханических процессов» входит в состав Блока факультативных дисциплин 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.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате прохождения научно-исследовательской практики обучающиеся должны приобрести:	Этапы формирования*
1.	УК-1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Выпускник знает: современные научные достижения; Умеет: критически анализировать и оценивать научные достижения, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач; Владеет навыками: решения исследовательских и практических задач, в т.ч. в междисциплинарных областях	В соответствии с учебным планом
2.	ОПК-1	Способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и	Выпускник знает: методику планирования и проведения экспериментов; Умеет: планировать и проводить эксперименты;	В соответствии с учебным планом

		анализировать их результаты	Владеет навыками: планирования и проведения экспериментов, обработки и анализа результатов	
	ПК -2	Владение методологией оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород; закономерностями геомеханических процессов сдвижений и деформаций горных пород при подземной разработке и строительстве подземных сооружений; владение методами прогноза сдвижений и деформаций; геомеханических процессов вследствие ведения открытых горных работ, методами оценки устойчивости бортов и откосов уступов карьеров и отвалов	Выпускник знает: закономерности геомеханических процессов сдвижений и деформаций горных пород при подземной разработке и строительстве подземных сооружений Умеет: прогнозировать сдвижения и деформации; геомеханических процессов вследствие ведения открытых горных работ Владеет навыками: оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород; методами оценки устойчивости бортов и откосов уступов карьеров и отвалов	В соответствии с учебным планом
3.	ПК-4	Знание основ геометризации и квалиметрии недр, представляющими массив как совокупность геологических, морфологических, геохимических и геомеханических полей, которыми моделируются изменения показателей формы, залегания, состава и свойств полезных ископаемых и пород; основ математической статистики, законов распределения, основ корреляционного анализа, проверки	Выпускник знает: основы геометризации и квалиметрии недр, представляющими массив как совокупность геологических, морфологических, геохимических и геомеханических полей Умеет: моделировать изменения показателей формы, залегания, состава и свойств полезных ископаемых и пород Владеет навыками: основ математической статистики, законов распределения, основ корреляционного анализа, проверки статистических гипотез, свойств случайных функций.	В соответствии с учебным планом

		статистических гипотез, свойств случайных функций		
4.	ПК-5	Владение математическим моделированием месторождений на компьютерной основе; методами и средствами разных видов разведки; способами и методами обработки одномерных и многомерных статистических моделей, методами оценки степени влияния факторов на исследуемый показатель, научными представлениями об эргодичности стационарных случайных функций	Выпускник знает: методы и средства разных видов разведки; способы и методы обработки одномерных и многомерных статистических моделей Умеет: критически анализировать и оценивать научные достижения, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач Владеет навыками: оценки степени влияния факторов на исследуемый показатель, научными представлениями об эргодичности стационарных случайных функций	В соответствии с учебным планом

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 5 разделов, 9 тем, содержание которых направлено на изучение: получение представлений о современных методах моделирования геомеханических процессов, происходящих в горных породах и грунтах при ведении горных работ, освоение и применение специального программного обеспечения, позволяющего получать распределения смещений, деформаций и напряжений в породных массивах и анализировать физическую природу указанных геомеханических процессов

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 36 часов, 1 зачётная единица. Дисциплина изучается в 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	Семестр
		4
Общая трудоемкость дисциплины в часах	36	36
Аудиторные занятия (всего)	10	10
Лекции	10	10
Практические занятия	0	0
Самостоятельная работа (всего)	26	26
Вид аттестации	Диф. зачёт	Диф. зачет

4.2. Темы учебной дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	Базовые понятия аналитической геомеханики. Напряженно-деформированное состояние горных пород.	2	2	0	0	2
2.	Связь напряжений, деформаций и сдвижений. Виды напряженно-деформированного состояния.	2	2	0	0	2
3.	Естественное напряженно-деформированное состояние породных массивов и грунтов	0	0	0	0	4
4.	Модели горных пород	0	0	0	0	4
5.	Модели грунтов	0	0	0	0	4
6.	Теоретические методы решения геомеханических задач	2	2	0	0	2
7.	Методы численного моделирования геомеханических процессов	2	2	0	0	2
8.	Метод конечных элементов	2	2	0	0	2
9.	Анализ вредного влияния горных работ на основе результатов математического моделирования	0	0	0	0	4
	Итого:	10	10	0	0	26

4.3. Содержание учебной дисциплины

Тема 1. Базовые понятия аналитической геомеханики. Напряженно-деформированное состояние горных пород.

Математическое моделирование процессов сдвижений и деформаций горных пород. Основные методы моделирования. Напряженно-деформированное состояние горных пород.

Самостоятельная работа.

Понятия напряжения, деформации и сдвижения применительно к горным породам.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-7]; дополнительная: [1-35].

Тема 2. Связь напряжений, деформаций и сдвижений. Виды напряженно-деформированного состояния.

Основные свойства горных пород (грунтов). Уравнения связи напряжений, деформаций и сдвижений.

Самостоятельная работа.

Установление закономерностей развития напряжений и деформаций и сдвижений.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-7]; дополнительная: [1-35].

Тема 3. Естественное напряженно-деформированное состояние породных массивов и грунтов.

Природное равновесие в породных массивах. Основные гипотезы формирования естественного напряженного состояния горных пород и грунтов.

Самостоятельная работа.

Примеры проявления естественного напряженного состояния горных пород.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-7]; дополнительная: [1-35].

Тема 4. Модели горных пород.

Типы горных пород. Основные модели поведения горных пород при изменении внешних нагрузок. Уравнения связи напряжений и деформаций.

Самостоятельная работа.

Изучение основных моделей поведения горных пород при изменении внешних нагрузок.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-7]; дополнительная: [1-35].

Тема 5. Модели грунтов.

Типы грунтов. Основные модели поведения грунтов при изменении внешних нагрузок. Уравнения связи напряжений и деформаций.

Самостоятельная работа.

Изучение основных моделей поведения грунтов при изменении внешних нагрузок.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-7]; дополнительная: [1-35].

Тема 6. Теоретические методы решения геомеханических задач.

Методы механики сплошной среды (МСС) применительно к задачам механики горных пород. Основные уравнения МСС. Методы механики дискретных сред.

Самостоятельная работа.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-7]; дополнительная: [1-35].

Тема 7. Методы численного моделирования геомеханических процессов.

Основы методологии численного моделирования. Анализ преимуществ и недостатков численных методов.

Самостоятельная работа.

Классификация и краткий анализ методов численного моделирования применяемых в геомеханике.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-7]; дополнительная: [1-35].

Тема 8. Метод конечных элементов.

Метод конечных элементов (МКЭ) в технике. Основные теоретические предпосылки МКЭ. МКЭ в решении геомеханических задач. Уравнения связи параметров. Построение сети конечных элементов. Типы элементов. Формирование граничных условий.

Самостоятельная работа.

Создание нагрузок в модели. Фазы расчета. Расчет матрицы жесткости элемента и формирование матрицы жесткости системы. Методы решения систем уравнений. Интерпретация результатов расчета. Анализ полученных данных. Специальное программное обеспечение реализующее МКЭ.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-7]; дополнительная: [1-35].

Тема 9. Анализ вредного влияния горных работ на основе результатов математического моделирования.

Основные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния горных пород при проходке выработок и другого техногенного влияния на породный массив. Традиционные критерии для оценки степени вредного влияния. Методы оценки степени вредного влияния горных работ на здания и сооружения.

Самостоятельная работа.

Примеры оценки вредного влияния горных работ на здания и сооружения на основе данных математического моделирования.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-7]; дополнительная: [1-35].

5. Образовательные технологии, используемые при изучении дисциплины

При изучении дисциплины «Моделирование геомеханических процессов» аспирант использует учебную, научную, исследовательскую базу университета в установленном порядке.

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.

Консультации (текущая консультация, накануне дифференцированного 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.

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

Практические занятия, которые составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели практических занятий:

— помочь обучающимся систематизировать, закрепить и углубить научные знания теоретического характера, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

— стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю. Самостоятельная работа аспирантов включает: тематическую работу с рекомендованной научной литературой; самостоятельное изучение разделов

дисциплины; исследовательскую работу, анализ научных публикаций по темам курса; подготовку к участию в научно-практических конференциях и семинарах; освоение методики расчетов, проводимых в изучаемом программном обеспечении; подготовку к аттестации.

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);
- подготовка докладов;
- выполнение индивидуальных заданий.

6.2 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

1. Задача оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород.
2. Механические напряжения. Виды напряжений. Напряженное состояние твердого тела. Тензор напряжений.
3. Механические деформации. Виды деформаций. Деформационное состояние твердого тела. Тензор деформаций.
4. Теоретические методы решения задач геомеханики. Разделы механики и основные предпосылки.
5. Теоретические методы решения задач геомеханики. Основные проблемы теоретического представления сдвижений и деформаций породного массива.
6. Методы механики сплошной среды (МСС). Основные уравнения МСС.
7. Принципы теоретического решения задач геомеханики на базе МСС.
8. Физико-механические свойства горных пород. Основные группы свойств и их характеристика.
9. Физико-механические свойства горных пород. Деформационные свойства. Основные параметры упругой модели.
10. Физико-механические свойства горных пород. Прочностные свойства. Основные параметры прочности для горных пород и грунтов.
11. Физико-механические свойства горных пород. Свойства пластичности и ползучести горных пород.
12. Физико-механические свойства породного массива. Проблема масштабного фактора при изучении свойств горных пород.
13. Физико-механические свойства горных пород. Методы оценки свойств пород и породных массивов.
14. Исходное напряженное состояние массивов горных пород. Типы породных массивов.
15. Исходное напряженное состояние массивов горных пород. Методы оценки природного НДС пород и породных массивов..
16. Исходное напряженное состояние массивов горных пород. Гипотеза А.Н.Динника.
17. Исходное напряженное состояние массивов горных пород. Гипотеза гиростатического поля исходных напряжений.
18. Исходное напряженное состояние массивов горных пород. Гипотеза Джаки для массивов слабых пород (грунтов).
19. Моделирование НДС горных пород и массивов. Физические способы моделирования.
20. Моделирование НДС горных пород и массивов. Методы математического моделирования.
21. Численные методы решения геомеханических задач. Основные численные методы и их

характеристика.

22. Метод конечных элементов. Основные теоретические предпосылки и принципы решения задачи оценки НДС.

23. Метод конечных элементов. Типы конечных элементов. Особенности построения сети конечных элементов.

24. Модели конструкций. Упругая модель. Типы конечных специальных элементов.

25. Основные модели грунтов. Идеальная упругопластическая модель Кулона-Мора.

26. Основные модели грунтов. Упругопластическая модель упрочняющегося грунта (НС).

27. Метод конечных элементов. Особенности построения задач о проходке выработок.

28. Метод конечных элементов. Методы анализа и визуализации данных.

29. Закономерности развития НДС при сооружении в массиве одиночной капитальной выработки.

30. Закономерности развития НДС при устройстве в массиве котлованов.

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 наличие у аспирантов углубленных профессиональных знаний о методах производства геометрических измерений пространственно-временных характеристик состояния земной поверхности, недр, подземного пространства городов, ведущих тенденциях в развитии цифровых технологий обработки геологической, маркшейдерской и геофизической информации, процессах сдвижений и деформаций породных массивов и земной поверхности вследствие ведения открытых и подземных горных работ, гидрогеологическом обосновании безопасной отработки под водными объектами и методами и средствах наблюдений, контроля и прогноза геомеханического состояния подрабатываемых зданий, сооружений, природных объектов.

Индекс контролируемых компетенций — УК-1, ОПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5.

6.5 Порядок проведения дифференцированного зачета

Дифференцированный зачет проводится путем представления обучающимися индивидуального задания, выполненного во время самостоятельной работы, которое затем проверяются преподавателем с выставлением дифференцированных оценок. После проверки задания может проводиться его обсуждение с преподавателем. Задание состоит из письменного выполнения следующих элементов:

- индивидуальный план работы преподавателя (фрагмент за семестр по одной дисциплине);
- календарный план занятий по дисциплине на семестр;
- план проведения занятия (любой формы);
- рабочая программа дисциплины (фрагмент);

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. Такранов Р.А. Квалиметрия угольных месторождений. – Санкт-Петербург: Своё издательство, 2011. - 438
2. Геометрия недр: учебник в 3-х частях. / В.М. Калинин, В.В. Руденко. Под ред. В.М.Калинин. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014. Ч. 1 – 354 с., ч. 2 – 221 с., ч. 3 – 347 с.
3. Основы компьютерной графики: учеб. пособие /П.С. Шпаков, Ю.Л. Юнаков, М.В. Шпакова. – Красноярск: Сиб. федер. Ун-т, 2014. – 398 с.
4. Макаров А.Б. Практическая геомеханика. – М.: Изд. «Горная книга», 2011. 391 с.
5. Справочник маркшейдера: в 3-х ч. – М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2015. – 440 с. (ч. I); 432 с. (ч. II); 416 с. (ч. III). - (Библиотека горного инженера. Т. 7 «Охрана недр». Кн. 1).
6. Протосеня А.Г. Механика подземных сооружений. Пространственные модели и мониторинг / Протосеня А.Г., Огородников Ю.Н., Деменков П.А., Карасёв М.А., Лебедев М.О., Потёмкин Д.А., Козин Е.Г. СПб: СПГУ-МАНЭБ, 2011. – 355 с.
7. Гальперин А.М., Кутепов Ю.И., Кириченко Ю.В. и др. Освоение техногенных массивов на горных предприятиях. М.: Горная книга, 2012. 336 с.

Дополнительная:

1. Макаров А.Б., Серафимин А.П., Терешин А.А. Расчет сдвижения и деформаций закладочных скважин / Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2014. № 5. С. 44-50.
2. Григорьев А.М., Зотеев О.В., Макаров А.Б. Геомеханическое обоснование мониторинга массива при разработке руд Яковлевского месторождения КМА под неосушенными водоносными горизонтами / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 54. С. 27-37.
3. Зубков В.В., Бычин А.К. Геомеханический анализ устойчивости бортов карьера при отработке рудных залежей камерными системами / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 556. С. 144-149.
4. Иофис М.А., Есина Е.Н., Марakov В.Е., Чистяков А.Н. Геомеханические критерии безопасной отработки Гремячинского месторождения калийных солей / Маркшейдерский вестник. 2011. № 4. С. 44-52.

5. Новокшонов В.Н., Данилова А.Ф., Дешковский В.Н., Зейтц В.Э. Исследование процесса развития техногенных трещин в подрабатываемом массиве горных пород на Старобинском месторождении / Горный журнал. 2014. № 2. С. 19-22.
6. Ткач С.М., Батугин С.А., Баракаева И.Д. Объективная оценка разубоживания руд - перспективный путь повышения ресурсного потенциала недр / Горный журнал. 2016. № 1. С. 37-40.
7. Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А. Методология инженерно-геологического изучения гидрогеомеханических процессов в техногенно нарушенных массивах при разработке МПИ / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 8. С. 123-131.
8. Гальперин А.М., Кутепов Ю.И., Мосейкин В.В. Гидрогеомеханические аспекты освоения техногенных массивов на горных предприятиях / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № S1. С. 18-31.
9. Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А., Практика С.В., Мильман Г.Л. Технические средства и методика гидрогеомеханического мониторинга при формировании отвальных насыпей и намыве гидроотвалов / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 1. С. 48-54.
10. Гальперин А. М., Кутепов Ю. И., Еремин Г. М. Методы определения параметров отвалов и технологии отвалообразования на склонах. Москва, издательство «Горная книга», 2012. 312 с.
11. Анализ точности подземных маркшейдерских сетей: Учеб. пособие / В.В. Зверевич, В.Н. Гусев, Е.М. Волохов. - СПб.: Изд. СПГИ (ТУ), 2014. 145 с.
12. Маркшейдерское обеспечение безопасности ведения горных работ вблизи опасных зон: Учеб. пособие / Гусев В.Н., Волохов Е.М. – СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2013. 60 с.
13. Гусев В.Н., Волохов Е.М., Голованов В.А. и др. Технология лазерно-сканирующей съёмки подземных и наземных объектов / Международная научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития маркшейдерского дела», 8 – 10 ноября 2010 г. УГГУ, Екатеринбург, 2011. С. 41-47
14. Гусев В.Н., Волохов Е.М., Голованов В.А. и др. Методы оценки состояния гидротехнических тоннелей по данным лазерно-сканирующей съёмки / Записки Горного института, том 190, СПб, 2011. С. 267-273
15. Гусев В.Н., Рожнов Е.С. Сдвигение и деформации слоёв массива горных пород с образованием техногенных водопроводящих трещин / Записки Горного института, том 190, СПб, 2011. С. 274-277
16. Власов Д. С., Гордеев В. А. Виртуально-реалистичное моделирование горнотехнологических объектов / Известия высших учебных заведений. Горный журнал. Уральский государственный горный университет (Екатеринбург). № 1, 2012. С. 110 – 114.
17. Гордеев В.А., Ильясов Б.Т. Применение метода конечно-дискретных элементов для прогнозирования деформаций горных выработок / В сборнике: IV Международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений». Уральский государственный горный университет. 2015. С. 98-101.
18. Гордеев В.А., Раева О.С. Влияние исходных данных на точность маркшейдерской полигонометрии / Известия высших учебных заведений. Горный журнал. № 6, 2013. С. 68-75.
19. Гордеев В.А., Раева О.С. Сопоставление точности геометрического и тригонометрического нивелирования при создании маркшейдерских высотных сетей / Известия высших учебных заведений. Горный журнал. № 6, 2014. С. 79-84.
20. Жабко А.В. Расчет устойчивости неоднородных и анизотропных откосов / Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2014. № 3. С. 22-29

21. Методическое руководство по геодезическому (маркшейдерскому) контролю при мониторинге безопасности грунтовых дамб накопителей жидких отходов промышленных предприятий / КузГТУ; Новационная фирма «КУЗБАСС-НИИОГР». – Кемерово, 2014. – 46
22. Основы наземной лазерно-сканирующей съёмки: Учеб. пособие / В.Н. Гусев, А.И. Науменко, Е.М. Волохов, В.А. Голованов. - СПб: Изд. СПГГИ(ТУ), 2011. 80 с.
23. Шваб Р.Г., Зольников Н.А., Дешковский В.Н., Зейц В.Э., Барбиков Д.В. Геомеханические процессы при повторной подработке толщи пород в условиях Старобинского месторождения / Горный журнал. 2012. № 8. С. 49-53.
24. Дешковский В.Н., Зольников Н.А., Климович В.В., Петровский А.Б. Физическое моделирование многократных подработок соляных пород Старобинского месторождения / Горный журнал. 2014. № 2. С. 29-32.
25. Выстрчил М.Г., Гусев В.Н. Способ определения вертикальных сдвижений и деформаций с помощью лазерно-сканирующих систем / Записки Горного института, том 199, СПб, 2012. С. 245-248
26. Гусев В.Н., Волохов Е.М., Голованов В.А., Иванов И.П., Васильев М.Ю., Носов В.К. Маркшейдерские методы обследования гидротехнических тоннелей с использованием лазерно-сканирующих технологий / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) №8, 2012, Изд. «Горная книга», Москва. С.247-252.
27. Гусев В.Н., Илюхин Д.А., Алексенко А.Г. Определение параметров зоны водопроницающих трещин через горизонтальные деформации подрабатываемой толщи / Записки Горного института, том 204, СПб, 2013. С. 69-73
28. Гусев В.Н., Журавлёв А.Е. Приведение деформаций, полученных при различных интервалах измерения, к заданному интервалу через переходную функцию / Маркшейдерский вестник № 1, 2014. С.36 – 38
29. Гусев В.Н., Журавлёв А.Е. Вывод переходной функции на основе теоретической взаимосвязи между деформациями кривизны, полученными при различных интервалах / «Маркшейдерский вестник» № 1, 2015 г., с.52 – 55
30. Гусев В.Н., Журавлев А.Е. Оценка нарушенности техногенными водопроницающими трещинами толщи при отработке первой очереди рыхлых богатых железных руд Яковлевского рудника / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. - № 11 (специальный выпуск 60-1). – 592 с. М.: издательство «Горная книга». С. 50-61.
31. Земских Г.В., Базиляк Е.С., Васильев М.Ю. Анализ затрат времени на производство подземных маркшейдерских работ в условиях модернизации средств и методик измерений / «Маркшейдерский вестник» №6, 2015. С. 28-31
32. Волохов Е.М., Новоженин С.Ю., Киреева В.И. Проблемы оценки сдвижений горных пород при строительстве крупных городских подземных транспортных сооружений тоннелепроходческими механизированными комплексами с активным пригрузом забоя / «Маркшейдерский вестник» №5, 2015. С. 38-42
33. Алексенко А.Г., Зубов А.В. Проектирование маркшейдерско-геодезических сетей с учётом параметров надёжности / «Маркшейдерский вестник» №5, 2014. С. 31-33
34. Алексенко А.Г., Зубов А.В. Анализ надёжности элементов маркшейдерских соединительных треугольников / «Маркшейдерский вестник» № 6, 2014. С. 21-23
35. Жуков Г.П., Иванов И.П., Базыкина Л.Р. Некоторые проблемы производства горной графической маркшейдерской документации в электронно-цифровом формате / Записки Горного института, том 199, СПб, 2012 г. С. 227-229

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.
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/>

7.6 Информационные справочные системы:

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>.
2. Электронно-периодический справочник «Система Гарант» <http://www.garant.ru/>.
3. ООО «Современные медиа технологии в образовании и культуре». <http://www.informio.ru/>.
4. Программное обеспечение Норма CS «Горное дело и полезные ископаемые» <https://softmap.ru/normacs/normacs-gornoe-delo-i-poleznye-iskopaemye/>
5. Информационно-справочная система «Техэксперт: Базовые нормативные документы» <http://www.cntd.ru/>
6. Программное обеспечение «База знаний: гидрогеология, инженерная геология и геоэкология» <http://www.geoinfo.ru>
7. Электронная справочная система «Система Госфинансы» <http://www.auditc.ru/product/>

8. Материально-техническое обеспечение

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

Перечень материально-технического обеспечения включает в себя технические средства обучения, служащие для представления информации (мультимедийные доски, проекторы, и т.д.). Имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического

обслуживания оборудования, которые укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

8.2. 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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: 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» (обслуживание до 2020 года) ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года) Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года), Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2020 года), 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 (обслуживание до 2020 года),

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 (обслуживание до 2020 года)

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, 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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года)

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2020 года).

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» (обслуживание до 2020 года)

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

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно

распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

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.

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., балон 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., стуля – 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)

8.4. Библиотека Университета

Месторасположение	Оснащенность	Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1165	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	MARK-SQL, Ирбис

Читальный зал	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	
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1171 Читальный зал	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;	
Санкт-Петербург, В.О., Малый пр., д.83, Инженерный корпус Ауд. № 327-329 Читальные залы	Компьют. Кресло 7875 A2S – 35 шт; Стол компьютер. – 11 шт; Моноблок Lenovo 20 HD 16 шт; Доска настенная белая -- 1 шт; Монитор ЖК Philips - 1 шт; Монитор HP L1530 15tft - 1 шт; Сканер Epson Perf.3490 Photo - 2 шт; Системный блок HP6000 – 2 шт; Стеллаж открытый- 18 шт; Микрофон Д-880 с 071с.ч.- - 2 шт; Книжный шкаф - 15 шт; Парта- 36 шт; Стул- 40 шт	

8.5. Лицензионное программное обеспечение

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)