

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



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

УТВЕРЖДАЮ


Руководитель программы
аспирантуры
Профессор В.Н.Гусев

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Область науки:	2. Технические науки
Группа научных специальностей:	2.8. Недропользование и горные науки
Научная специальность:	2.8.3. Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
Направленность (профиль):	Маркшейдерское дело и геометрия недр
Отрасли науки:	Технические
Форма освоения программы аспирантуры:	Очная
Срок освоения программы аспирантуры:	4 года
Составитель:	д. т. н., проф. В.Н.Гусев

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Моделирование геомеханических процессов» является получение аспирантами представлений о современных методах моделирования геомеханических процессов, происходящих в горных породах и грунтах при ведении горных работ, позволяющих обеспечить оценку вредного влияния горных работ путем математического описания данных процессов и применения специального программного обеспечения, позволяющего получать распределения сдвижений, деформаций и напряжений в породных массивах и анализировать физическую природу указанных геомеханических процессов.

В основу курса положено изучение основных теоретических концепций для представления геомеханических процессов с помощью аналитических и численных методов, наиболее распространенных гипотез формирования естественно напряженно-деформированного состояния породных массивов, основных закономерностей развития этих процессов при ведении горных работ и базовым методам оценки вредного влияния этих процессов на здания, сооружения и природные объекты.

Одной из важнейших задач курса является освоение специального программного обеспечения, реализующего численные методы моделирования геомеханических процессов.

В результате у аспиранта формируется связное концептуальное представление 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.

Дисциплина входит в состав блока «Факультативы» 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.

Дисциплина «Моделирование геомеханических процессов» способствует:

- развитию **навыков** самостоятельной аналитической и научно-исследовательской работы;
- формированию **умений**:
 - самостоятельно анализировать научную и публицистическую литературу по проблемам маркшейдерского дела и геомеханики сдвижений и деформаций горных пород;
 - извлекать, анализировать и оценивать геомеханическую информацию;
 - ориентироваться в областях сдвижения и деформаций горных пород вследствие ведения горных работ, геологического, гидрогеологического и геофизического обеспечения среды геомеханических процессов.

- ориентироваться в типовых инженерно-технических ситуациях, основных вопросах маркшейдерии, геологии, гидрогеологии и геофизики;
- использовать знания по маркшейдерскому делу в оценке проблем горного производства и в собственной деятельности;
- проводить анализ нормативной документации на соответствие требованиям законодательства в сфере горного производства;
- формированию **навыков**:
 - владения методами и средствами наблюдений, контроля и прогноза сдвижения и деформаций горных пород через моделирование геомеханических процессов;
 - физического и компьютерного моделирования геомеханических процессов, вследствие разработки полезных ископаемых или строительства подземных сооружений;
 - навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики;

-совершенствованию знаний в области сдвижений и деформаций горных пород, геометризации недр, геологии и геофизики; в области новых приборов и оборудования для геомеханического мониторинга.

Для успешного изучения дисциплины «Моделирование геомеханических процессов», требуется значительный объём самостоятельной работы.

В предлагаемых методических указаниях приводятся программа самостоятельной работы, распределение бюджета времени на самостоятельное изучение разделов (тем) дисциплины, рекомендации по написанию и оформлению реферата, перечень тем для написания реферата, список рекомендуемых литературных источников.

1. Распределение бюджета времени на самостоятельную работу аспиранта по изучению дисциплины

е дисциплины предусматривает самостоятельную работу аспиранта по освоению научного материала с подготовкой и оформлением реферата (или эссе). Распределение общего бюджета времени на изучение дисциплины «Моделирование геомеханических процессов» приведено в рабочей программе.

Для успешного изучения дисциплины «Моделирование геомеханических процессов» аспирантами учебной программой выделяется 72 часов на самостоятельную работу для углублённого изучения теоретического и практического материала данной дисциплины.

Основной целью самостоятельной работы является формирование навыков и умений работать с учебной и научной литературой, периодическими изданиями и информационными ресурсами в сети Internet. Структура бюджета времени на самостоятельное изучение дисциплины приведена в таблице.

№	Наименование тем
1	Основные понятия и закономерности в теории моделирования геомеханических процессов
2	Основные модели горных пород и грунтов
3	Аналитические методы решения геомеханических задач
4	Численное моделирование геомеханических процессов
5	Применение результатов математического моделирования сдвижений и деформаций горных пород при оценке вредного влияния

1.1. Распределение времени самостоятельной работы аспиран-

тов

Вид самостоятельной работы аспиранта	Примерная трудоёмкость, ак.ч.
Тематическая работа с научной литературой	4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	4
Исследовательская работа, анализ научных публикаций по заданной теме	8
Освоение методики расчетов, проводимых в изучаемом программном обеспечении	6
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, участие в научно-практических конференциях и семинарах, подготовка к аттестации	4
Итого самостоятельной работы аспиранта:	26

1.2. Контрольные вопросы для самостоятельной работы

Раздел 1. Основные понятия и закономерности в теории моделирования геомеханических процессов

1. Дайте определение основных понятий горной геомеханики: сдвигание, деформация и напряжение.
2. Что понимают под оценкой НДС породного массива?
3. Какие факторы определяют НДС пород и его изменение при проходке выработок?
4. Какие уравнения требуется решить расчета НДС породного массива с выработкой?
5. Чем определяется сложность задач расчета НДС породных массивов в сравнении с задачами НДС в других средах?

Раздел 2. Основные модели горных пород и грунтов

1. Что понимают под моделью горной породы или грунта?
2. Связь каких параметров обеспечивают физические уравнения механики?
3. Перечислите и охарактеризуйте основные типы моделей применяемых для описания поведения горных пород и грунтов.
4. Какими параметрами описываются упругие, пластические и реологические свойства горных пород?
5. В чем суть проблемы масштабного фактора в геомеханике?

Раздел 3. Аналитические методы решения геомеханических задач

1. Сформулируйте принципы решения геомеханических задач аналитическими методами.
2. Для какого класса задач возможно применить аналитическое описание параметров НДС породных массивов при проходке в них выработок?
3. Связь каких параметров обеспечивают физические уравнения механики?
4. Какие преимуществами и недостатками характеризуются аналитические методы решения геомеханических задач?
5. В чем суть метода комплексных потенциалов Колосова-Мусхелишвили, широко применяемого в математической теории упругости? Его значение для решения геомеханических задач.

Раздел 4. Численное моделирование геомеханических процессов

1. Сформулируйте основные принципы, положенные в основу решения задач численными методами. Сравните их с аналитическими для задач о НДС горных пород.
2. Какие известные методы численного моделирования широко применяются в горной геомеханике?
3. Кратко сформулируйте суть реализации решения задачи о НДС методом конечных элементов?
4. Опишите способы решения задач с физической и геометрической нелинейностью в методе конечных элементов.
5. Какие способы оптимизации вычислений можно использовать в методе конечных элементов для сокращения времени расчетов и минимизации машинной памяти?

Раздел 5. Применение результатов математического моделирования сдвижений и деформаций горных пород при оценке вредного влияния

1. Сформулируйте основные преимущества применения методов математического моделирования в части возможностей прикладных расчетов.
2. Какие выходные параметры рассматриваются при анализе результатов математического моделирования геомеханических процессов?
3. Перечислите основные формы представления векторных и скалярных данных, а также инструменты визуализации результатов расчетов, реализуемые в современных программных комплексах по моделированию НДС?
4. Как обеспечивается связь расчетных параметров в известных универсальных программных средах для моделирования с традиционными параметрами, используемыми в маркшейдерской практике?
5. Какие критерии необходимо использовать для оценки вредного влияния горных работ?

1.3. Примерная тематика рефератов.

Реферат не предусмотрен.

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Гусев В.Н., Волохов Е.М. Сдвижение и деформации горных пород: Учеб. пособие / СПГГИ(ТУ). СПб, 2008. – 85 с.
Режим доступа: <http://ior.spmi.ru/>, <https://search.rsl.ru/ru/record/01002402025>

Дополнительная литература

2. Маркшейдерское обеспечение безопасности ведения горных работ вблизи опасных зон: Учеб. пособие / В.Н.Гусев, Е.М.Волохов. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2013. 60 с.
Режим доступа: <http://ior.spmi.ru/>
3. Булычёв Н.С. Механика подземных сооружений. М., Недра, 1994. – 382 с.
Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/18727>
4. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. М.: Недра, 1987.
Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/16260>
5. Черников А.К. Теоретические основы геомеханики: Учебное пособие. СПб, СПГУПС, 1994.
Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001695202>
6. Авершин С.Г. Сдвижение горных пород при подземных разработках [Текст] / Авершин С.Г. - Москва: Углетехиздат, 1947 (Ленинград: тип. им. Е.Соколовой). - 245 с.
Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005746545>
7. Муллер Р.А. Влияние горных выработок на деформацию земной поверхности. М.: Углетехиздат, 1958.

8. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок. М., Недра, 1976.
Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/3015>
9. Кузнецов Г.Н., Ардашев К.А., Филатов Н.А. Методы и средства решения задач горной геомеханики. М.: Недра, 1987.
Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001369332>
10. Батугин С.А. Анизотропия массива горных пород. Новосибирск. Наука, 1988.
11. Макаров А.Б. Практическая геомеханика. Пособие для горных инженеров. М.: 2006. –391с. / ISBN 5-9867-2038-5
12. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. Изд. 4. М., Изд-во АН СССР, 1954.
Режим доступа: <http://books.e-heritage.ru/book/10073062>
13. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропных тел. М.: Наука, 1977.
Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007723452>
14. Савин Г.Н. Распределение напряжений около отверстий. М., Наука, 1968.
15. Ержанов Ж.С., Сачинов А.С, Гуменюк Г.Н., Векслер Ю.А., Нестеров Г.А. Ползучесть осадочных горных пород. Теория и эксперимент. Изд. Наука, Алма-Ата, 1970.
16. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. СПб, ВНИМИ, 1998.
Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200029691>

Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации – ООО "ГЕОИНФОРММАРК" - <http://www.geoinform.ru/>
3. Информационно-аналитический центр «Минерал»: <http://www.mineral.ru/>
4. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]: www.consultant.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. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
10. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс]: www.garant.ru/
11. Термические константы веществ. Электронная база данных, <http://www.chem.msu.su/cgibin/tkv.pl>
12. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>

13. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>
14. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
15. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
16. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru/>
17. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>
18. Электронная справочно-информационная система: <http://www.plaxis.ru>
19. Электронная справочно-информационная система: <http://www.sapr.ru>

7.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента

Для обеспечения самостоятельной работы студентов используются следующие методические указания:

1. Методы математического моделирования геомеханических процессов. Методические указания к самостоятельной работе для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Маркшейдерское дело / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: Е.М.Волохов СПб, 2018., 20 с.
Режим доступа: <http://ior.spmi.ru/>
2. Методы математического моделирования геомеханических процессов. Методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Маркшейдерское дело / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: Е.М.Волохов СПб, 2018., 24 с.
Режим доступа: <http://ior.spmi.ru/>