


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры

 Ю.А. Кашников
д.т.н., профессор, зав. кафедры МДГиГИС
« 19 » « Май » 2022 г.

Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры

«Численные методы в геомеханике»

Научная специальность	2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Маркшейдерское дело, геодезия и геоинформационные системы, Разработка месторождений полезных ископаемых
Форма обучения	Очная
Курс:2	Семестр (ы): 3
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачет: 3:	

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Численные методы в геомеханике» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области численных методов в геомеханике.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численные методы в геомеханике» является дисциплиной по выбору образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче зачета по специальности 2.8.6. - Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- теоретические основы численных методов применительно к решению задач геомеханики;
- физико-механические свойства грунтов и горных пород;
- принципы работы конструкций подземных и заглубленных сооружений;

Уметь:

- сопоставлять выявленные на моделях характерных особенностей пространственной изменчивости с результатами измерения остаточных напряжений в массивах горных пород;
- составлять прогнозы оседаний земной поверхности с использованием численных методов;
- формулировать задачи исследования, выполнять расчеты параметров деформирования образцов;

Владеть:

- современными методами расчета напряженно-деформированного состояния массива;
- программными продуктами, основанными на численных методах расчета напряженно-деформированного состояния массива;

– численными методами для моделирования процессов деформирования и разрушения горных пород.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	0
	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Формирование напряженного состояния массивов пород и его изменение в связи с проведением горных выработок
(Л – 0, ПЗ – 10; СР – 24)

Тема 1. Основные закономерности механики грунтов.

Воздействие нормальных напряжений, деформируемость сплошных тел, характеристики грунтов, закономерности разрушения структуры.

Тема 2. Теоретические основы численных методов анализа для решения задач геомеханики

Методы получения объективной информации о свойствах горных пород в образце и в массиве. Закономерности изменения природного напряженно-деформированного состояния массива при различных способах ведения горных работ.

Раздел 2. Динамические процессы и явления в массивах горных пород

(Л – 0, ПЗ – 14; СР – 32)

Тема 3. Механические свойства горных пород и методы расчета их показателей

Упругость, пластичность, компрессионная способность, хрупкость, ползучесть, прочность, твердость, вязкость разрушения,

Тема 4. Напряженно-деформированное состояние горных пород

Напряжения и деформации. Тензор напряжения. Тензор деформации. Условия предельного равновесия горных пород.

Раздел 3. Геодинамические процессы и влияние их на земную поверхность и сооружения.

(Л – 0, ПЗ – 8; СР – 13)

Тема 5. Практика применения численных методов анализа для решения задач геотехнологии.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Вычисление характеристик массива горных пород	Собеседование. Практическое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы практических заданий.
2	3	Определение прочностных характеристик горных пород в образце	Собеседование. Практическое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы практических заданий.
3	4	Построение паспорта прочности горной породы	Собеседование. Практическое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы практических заданий.
4	5	Прогнозирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород и геомеханических процессов	Собеседование. Практическое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы практических заданий.

4.3. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов, рассматриваемых по ходу изучения дисциплины.

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Численные методы в геомеханике» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	<i>Кашиников Ю.А. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья. / Ю.А. Кашиников, С.Г. Ашихмин. - М.: Недра, 2007. - 467 с.</i>	2+10 экземпляров на кафедре
2	<i>Основы геомеханики / И. В. Баклашов. - М.: Изд-во МГГУ, 2004. - (Геомеханика : учебник для вузов : в 2 т.; Т. 1). - 208 с.</i>	23
3	<i>Карташов Ю.М. Прочность и деформируемость горных пород / Ю. М. Карташов, Б. В. Матвеев, Г. В. Михеев, А. Б. Фадеев. - М.: Недра, 1979. - 269 с.</i>	2
4	<i>Баклашов И. В. Деформирование и разрушение породных массивов / И. В. Баклашов. - М.: Недра, 1988. - 271 с.</i>	2
2 Дополнительная литература		
2.2 Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Механика http://elibrary.ru/	НЭБ
2	Известия РАН. Механика твердого тела. http://elibrary.ru/	НЭБ
3	Горный журнал : научно-технический и производственный журнал. Москва : Руда и металлы, 1825 - .	НЭБ
4	Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал. Москва : Мир горн. кн. : Изд-во МГГУ : Горн. кн., 1992 - .	НЭБ
5	Известия высших учебных заведений. Горный журнал. Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 1958 - .	НЭБ
6	Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых : научный журнал. Новосибирск : Ин-т горн. дел СО РАН, 1965 - .	НЭБ
7	Горное эхо : вестник Горного института научный и общественно-политический журнал : Пермь : Гор. ин-т УрО РАН, 1998 - .	НЭБ
8	Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело : Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011 - 2020.	НЭБ
2.3 Нормативно-технические издания		
1	<i>ГОСТ 21153.2-84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. - М., 1985, 10 с.</i>	Техэксперт
2	<i>ГОСТ 21153.3-85. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении. - М., 1987, 18 с.</i>	Техэксперт
3	<i>ГОСТ 21153.8-88. Породы горные. Методы определения предела прочности при объемном сжатии. - М., 1989, 17 с.</i>	Техэксперт

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
4	ГОСТ 28985-91. Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии. - М., 1992, 11 с.	Техэксперт
2.4 Официальные издания		
1	Федеральный закон "О недрах" № 2395-1 от 21.02.1992.	КонсультантПлюс

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Вид литературы ЭБС	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
основная	База патентов на изобретения РФ.	http://ru-patent.info/	сеть Интернет; свободный доступ
дополнительная	Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках Верхнекамского калийного месторождения. Москва : Недра, 1992. 468 с.	https://elib.pstu.ru / rd/RUPNRPUelib 6135	сеть Интернет / авторизованный доступ
Дополнительная	База знаний горняка	http://basemine.ru	сеть Интернет / свободный доступ
Основная литература	Государственный рубрикатор научно-технической информации представляет собой универсальную иерархическую классификацию областей знания, принятую для систематизации всего потока научно-технической информации.	http://www.extech.ru/library/spravo/grnti/	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Информационно-поисковая система Роспатента, Федерального института промышленной собственности. Обеспечивает поиск информации по изобретениям, полезным моделям и товарным знакам, зарегистрированным в России.	http://www.fips.ru	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Информационно-справочная система, описывающая универсальную десятичную классификацию (УДК). Ресурс содержит описание 126441 кода УДК.	http://teacode.com/online/udc/	сеть Интернет; свободный доступ

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/

Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru/
Библиографическая и реферативная база данных международных индексов научного цитирования Web of Science	http://webofknowledge.com
Библиографическая и реферативная база данных международных индексов научного цитирования Scopus	https://www.scopus.com/home.uri
Электронные ресурсы издательства Springer	https://www.springer.com/gp
Национальная электронная библиотека (НЭБ)	https://rusneb.ru/
Центральная научная библиотека Уральского отделения Российской академии наук (ЦНБ УрО РАН)	http://cnb.uran.ru
ГКБУ «Пермская государственная ордена «Знак Почета» краевая универсальная библиотека им. А.М. Горького»	http://gorkilib.ru
Единая база ГОСТов РФ "ГОСТ Эксперт"	http://gostexpert.ru/

6.2.2. Профессиональные базы данных

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.
1	Программный комплекс – операционная система Microsoft Windows (№ договора 7149 от 12.10.2007) Лицензия 42615552 Программный комплекс – Microsoft Office (№ договора 7201 от 15.10.2007) Лицензия 42661567
2	FLAG 7,0; PFC2D 4,0; FLAG 3D 5,0 с модулями C++ Plug-Inи Greep Option – договор №3346/Б от 20.09.2013
3	Golden Software Surfer 11 11-20 User CD (per User) (G0901311A01)
4	Statistica Base for Windows v. 12 English/v. 10 Russian Academic
5	IBM SPSS Statistics Standard Campus Edition
6	ГИС Map Info Professional 11,5 для Windows (русская версия) для образовательных целей – договор №3341/Б от 23.09.2013
7	Неисключительное право на воспроизведение, ограниченное правом инсталляции и запуска ПО ANSYS Academic Teaching Mechanical (25 task) - договор № 1856- ПО/2016-ПФО от 02.12.2016.
8	Программный продукт – IsamGEO - договор №3517/Б
9	Программный продукт - 3DEC – Лицензия 215-007-0002-17517

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

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
--------	--	-------------	--	-----------------

	оборудование)			
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	18	Оперативное управление	215
2	Установка ПИК-УИДК/ПЛ	1	Собственность	032/1
3	гидравлический испытательный пресс – 1 шт. универсальная испытательная машина Zwick z050 – 1 шт принтер LaserJet 1120 монитор Acer сист. Блок		Оперативное управление	Центр изучения свойств геоматериалов 614090, Пермский край, г. Пермь, ул. Комсомольский просп., д. 29, ауд. 107 к. Б
4	Научно-учебный измерительный комплекс для изучения гравитационного поля и выявления плотностных неоднородностей в массиве горных пород Научно-учебный измерительный комплекс для мониторинга за деформациями приконтурной части массива горных пород в выработках, обнаружения деформаций стволов шахт, смещения пород на оползневых участках		Оперативное управление	Лаборатория физики горных пород, 614090, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский просп., д.29, ауд.113

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование.** Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

- **Защита отчета о творческом задании.** Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче зачета:**

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на зачета

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи зачета по научной специальности 2.8.6. - Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика. разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Какое влияние оказывают геомеханические процессы в массивах горных пород на параметры технологии горных работ?
2. Какие характеристики горных пород наиболее существенны для безопасного ведения горных работ?
3. В чем суть численных методов при оценке напряженно-деформированного состояния горных пород?
4. Какими величинами характеризуется напряженное состояние массивов горных пород?
5. Назовите основные прочностные характеристики горных пород.

Типовые контрольные задания:

1. Построить паспорт прочности горной породы.
2. Определить прочностные характеристики грунтов.
3. Определить напряжения в грунтовой толще в условиях плоской задачи.
4. Выполнить расчет несущей способности конструктивных элементов.

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета хранится на кафедрах МДГиГИС и РМПИ.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

Программа
Геомеханика, разрушение горных пород,
рудничная аэрогазодинамика и горная
Кафедра
Маркшейдерское дело, геодезия и
геоинформационные системы.
Разработка месторождений полезных
ископаемых

Дисциплина
«Численные методы в геомеханике»

БИЛЕТ № 1

1. Какие основные модели характеризуют свойства массива горных пород?
2. Для каких условий возможно применение метода конечных элементов?
3. Построить паспорт прочности горной породы.
4. Выполнить анализ геомеханических процессов вокруг капитальных горных выработок или подземных сооружений.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)
« ____ » _____ 202 ____ г.

Кашников Ю.А.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		