

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

Антрацитовский институт геосистем и технологий

Кафедра строительства и геоконтроля

УТВЕРЖАЮ
Директор
Антрацитовского института
геосистем и технологий
_____ доцент Крохмалёва Е.Г.
« 27 » _____ 2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ПРОЦЕССОВ»**

по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины

Антрацит – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы моделирования горных процессов» по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины – 15 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы моделирования горных процессов» составлена на основе 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), утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 №951 (с изменениями и дополнениями), зарегистрированных в Министерстве юстиции Российской Федерации 23.11.2021 за №65943, учебного плана по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины и Положения о рабочей программе учебной дисциплины в ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля».

СОСТАВИТЕЛЬ:

Палейчук Н.Н., доцент, к.т.н., доцент кафедры строительства и геоконтроля

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры строительства и геоконтроля

«07» 26.03 2025 года, протокол № 07/3

Заведующий кафедрой  доц. Савченко И.В.

Переутверждена: « » 20 года, протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Антрацитовского института геосистем и технологий

«21» 26.03 2025 года, протокол № 21/3

Председатель учебно-методической комиссии института  доц. Савченко И.В.

© Палейчук Н.Н., 2025 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2025 год

1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины «Основы моделирования горных процессов» – формирование у аспирантов теоретических знаний и практических навыков в области моделирования геотехнологических процессов, что позволит эффективно применять различные типы моделей для решения научно-исследовательских и производственных задач во всех направлениях геотехнологии.

Задачи:

изучить принципы и этапы моделирования в научной и инженерно-технической сферах.

приобрести навыки работы с современными программными комплексами для геомеханического, аэродинамического и других видов моделирования.

развить компетенции по верификации, валидации и интерпретации результатов моделирования в контексте геотехнологических процессов.

освоить использование моделирования как инструмента для оптимизации процессов, оценки рисков, принятия управленческих и проектных решений в различных областях геотехнологии.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Основы моделирования горных процессов» относится к блоку дисциплин (модулей) образовательного компонента учебного плана.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин, изученных в магистратуре (специалитете), и служит основой для успешного освоения программы аспирантуры и будущей преподавательской деятельности по основным профессиональным образовательным программам высшего образования.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Аспиранты, завершившие изучение дисциплины «Основы моделирования горных процессов», должны

знать:

принципы, методы и этапы научного моделирования применительно к широкому кругу геотехнологических задач;

классификацию и специфику различных типов моделей геотехнологии;

возможности и ограничения современных программных комплексов для моделирования в геотехнологии;

методы верификации, валидации и интерпретации результатов моделирования.

уметь:

формулировать задачи моделирования для решения конкретных научно-исследовательских и практических проблем в геотехнологии;

выбирать адекватный тип модели и программное обеспечение для решения поставленной задачи;

работать с исходными данными, подготавливать их для моделирования, учитывая неопределенность;

проводить моделирование процессов в геотехнологии с использованием специализированного ПО;

анализировать, интерпретировать и визуализировать результаты моделирования, а также оценивать их достоверность.

владеть навыками:

построения и использования моделей для прогнозирования, оптимизации и принятия решений в горной отрасли;

работы с современным программным обеспечением для комплексного геотехнологического моделирования;

методологии оценки и управления неопределенностью в моделях;

критического анализа результатов моделирования и их применимости в реальных условиях.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (з.е.)
Объем учебной дисциплины	108 (3 з.е.)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка дисциплины (всего) в том числе:	36
Лекции	18
Семинарские занятия	18
Практические занятия	--
Лабораторные работы	--
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	--
Самостоятельная работа (всего)	72
Форма промежуточной аттестация	зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1.

Методологические основы моделирования.

Понятие и классификация моделей в горном деле. Определение модели, моделирования и их роль в геотехнологии. Основные принципы: адекватность, подобие, гомоморфность, изоморфизм. Классификация моделей по природе, способу представления, назначению (аналитические, численные, физические, математические, информационные, имитационные, графические, цифровые

двойники). Специфика моделирования для открытых, подземных и строительных разделов геотехнологии. Цикл моделирования: от постановки задачи и сбора данных до интерпретации результатов и принятия решений. Проблема качества исходных данных и неопределенности. Основные подходы: детерминированный, стохастический. Цифровые двойники в горной отрасли: концепция, применение, перспективы.

Тема 2.

Математическое моделирование.

Типы математических моделей (аналитические, имитационные, статистические, оптимизационные). Применение дифференциальных уравнений, линейной алгебры, теории вероятностей, математической статистики, оптимизационных методов для решения горно-геотехнических задач.

Тема 3.

Физическое моделирование.

Понятие физической модели и физического моделирования. Роль физического моделирования в науке и практике горного дела и строительства. Преимущества и ограничения физических моделей. Области применения физического моделирования в геотехнологии (открытые, подземные горные работы, строительство подземных сооружений). Критерии подобия (безразмерные комплексы). Законы подобия для различных физических процессов (механических, тепловых, гидродинамических и др.). Требования к материалам-аналогам. Основные типы материалов-аналогов: песок, глина, гипс, парафин, воск, полимеры, композиты, гелеобразные материалы. Методы подбора и приготовления материалов-аналогов с требуемыми физико-механическими свойствами. Проведение эксперимента, сбор и фиксация данных. Обработка и анализ результатов. Обзор датчиков и измерительных систем, используемых в физическом моделировании (тензодатчики, датчики перемещений, давления, температуры, расхода). Методы регистрации деформаций, разрушений, смещений (фотограмметрия, лазерное сканирование, цифровой анализ изображений, рентгенография). Использование высокоскоростной съемки и видеоанализа. Установки для моделирования горного давления, обрушений (пресс-камеры, стенды). Исследование устойчивости горных выработок (камер, целиков, лав), влияние крепи. Моделирование процессов сдвижения земной поверхности под влиянием горных работ.

Тема 4.

Численное моделирование.

Метод конечных элементов (МКЭ). Применение МКЭ для решения задач геомеханики: анализ напряженно-деформированного состояния массива, устойчивости бортов карьеров, откосов, подземных выработок, влияния крепи. Программные комплексы (Phase2, Abaqus, ANSYS, COMSOL, ZSoil).

Метод дискретных элементов (МДЭ). Теоретические основы, моделирование взаимодействия дискретных элементов (частиц, блоков). Применение МДЭ для моделирования обрушений, движения горной массы, деформаций трещиноватых массивов.

Метод граничных элементов (МГЭ). Принципы, преимущества для задач с большими объемами и сложной геометрией границ. Применение в геомеханике и гидрогеологии.

Другие численные методы. Использование искусственного интеллекта при решении задач моделирования в сфере геотехнологии.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов
1	Понятие и классификация моделей в горном деле. Определение модели, моделирования и их роль в геотехнологии. Основные принципы: адекватность, подобие, гомоморфность, изоморфизм. Классификация моделей по природе, способу представления, назначению (аналитические, численные, физические, математические, информационные, имитационные, графические, цифровые двойники). Специфика моделирования для открытых, подземных и строительных разделов геотехнологии. Цикл моделирования: от постановки задачи и сбора данных до интерпретации результатов и принятия решений. Проблема качества исходных данных и неопределенности. Основные подходы: детерминированный, стохастический. Цифровые двойники в горной отрасли: концепция, применение, перспективы.	4
2	Типы математических моделей (аналитические, имитационные, статистические, оптимизационные). Применение дифференциальных уравнений, линейной алгебры, теории вероятностей, математической статистики, оптимизационных методов для решения горно-геотехнических задач.	4
3	Понятие физической модели и физического моделирования. Роль физического моделирования в науке и практике горного дела и строительства. Преимущества и ограничения физических моделей. Области применения физического моделирования в геотехнологии (открытые, подземные горные работы, строительство подземных сооружений). Критерии подобия (безразмерные комплексы). Законы подобия для различных физических процессов (механических, тепловых, гидродинамических и др.). Требования к материалам-аналогам. Основные типы материалов-аналогов: песок, глина, гипс, парафин, воск, полимеры, композиты, гелеобразные материалы. Методы подбора и приготовления материалов-аналогов с требуемыми физико-механическими свойствами. Проведение эксперимента, сбор и фиксация данных. Обработка и анализ результатов. Обзор датчиков и измерительных систем, используемых в физическом моделировании (тензодатчики, датчики перемещений, давления, температуры, расхода). Методы регистрации деформаций, разрушений, смещений (фотограмметрия, лазерное сканирование, цифровой анализ изображений, рентгенография). Использование высокоскоростной съемки и видеоанализа. Установки для моделирования горного давления, обрушений (пресс-камеры, стенды). Исследование устойчивости горных выработок (камер, целиков, лав), влияние крепи. Моделирование процессов сдвижения земной поверхности под влиянием горных работ.	4
4	Метод конечных элементов (МКЭ). Применение МКЭ для решения задач геомеханики: анализ напряженно-деформированного состояния массива, устойчивости бортов карьеров, откосов, подземных выработок, влияния крепи.	6

	<p>Программные комплексы (Phase2, Abaqus, ANSYS, COMSOL, ZSoil).</p> <p>Метод дискретных элементов (МДЭ). Теоретические основы, моделирование взаимодействия дискретных элементов (частиц, блоков). Применение МДЭ для моделирования обрушений, движения горной массы, деформаций трещиноватых массивов.</p> <p>Метод граничных элементов (МГЭ). Принципы, преимущества для задач с большими объемами и сложной геометрией границ. Применение в геомеханике и гидрогеологии.</p> <p>Другие численные методы. Использование искусственного интеллекта при решении задач моделирования в сфере геотехнологии.</p>	
Итого:		18

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов
1	Программы и комплексы для решения задач моделирования процессов геотехнологии	4
2	Применение искусственного интеллекта при решении задач моделирования в сфере геотехнологии	4
3	Создание численной геомеханической модели в ПК Лира	10
Итого:		18

4.5. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.6. Самостоятельная работа

№ п/п	Название темы	Вид СР	Объем часов
1	<p>Понятие и классификация моделей в горном деле. Определение модели, моделирования и их роль в геотехнологии. Основные принципы: адекватность, подобие, гомоморфность, изоморфизм. Классификация моделей по природе, способу представления, назначению (аналитические, численные, физические, математические, информационные, имитационные, графические, цифровые двойники). Специфика моделирования для открытых, подземных и строительных разделов геотехнологии. Цикл моделирования: от постановки задачи и сбора данных до интерпретации результатов и принятия решений. Проблема качества исходных данных и неопределенности. Основные подходы: детерминированный, стохастический. Цифровые двойники в горной отрасли: концепция, применение, перспективы.</p>	<p>Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний, умений и навыков</p>	18
2	<p>Типы математических моделей (аналитические, имитационные, статистические, оптимизационные). Применение дифференциальных уравнений, линейной алгебры, теории вероятностей, математической статистики, оптимизационных методов для решения горно-</p>	<p>Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному</p>	18

	геотехнических задач.	контролю знаний, умений и навыков	
3	<p>Понятие физической модели и физического моделирования. Роль физического моделирования в науке и практике горного дела и строительства. Преимущества и ограничения физических моделей. Области применения физического моделирования в геотехнологии (открытые, подземные горные работы, строительство подземных сооружений). Критерии подобия (безразмерные комплексы). Законы подобия для различных физических процессов (механических, тепловых, гидродинамических и др.). Требования к материалам-аналогам. Основные типы материалов-аналогов: песок, глина, гипс, парафин, воск, полимеры, композиты, гелеобразные материалы. Методы подбора и приготовления материалов-аналогов с требуемыми физико-механическими свойствами. Проведение эксперимента, сбор и фиксация данных. Обработка и анализ результатов. Обзор датчиков и измерительных систем, используемых в физическом моделировании (тензодатчики, датчики перемещений, давления, температуры, расхода). Методы регистрации деформаций, разрушений, смещений (фотограмметрия, лазерное сканирование, цифровой анализ изображений, рентгенография). Использование высокоскоростной съемки и видеонализа. Установки для моделирования горного давления, обрушений (пресс-камеры, стенды). Исследование устойчивости горных выработок (камер, целиков, лав), влияние крепи. Моделирование процессов сдвигания земной поверхности под влиянием горных работ.</p>	<p>Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний, умений и навыков</p>	18
4	<p>Метод конечных элементов (МКЭ). Применение МКЭ для решения задач геомеханики: анализ напряженно-деформированного состояния массива, устойчивости бортов карьеров, откосов, подземных выработок, влияния крепи. Программные комплексы (Phase2, Abaqus, ANSYS, COMSOL, ZSoil). Метод дискретных элементов (МДЭ). Теоретические основы, моделирование взаимодействия дискретных элементов (частиц, блоков). Применение МДЭ для моделирования обрушений, движения горной массы, деформаций трещиноватых массивов. Метод граничных элементов (МГЭ). Принципы, преимущества для задач с большими объемами и сложной геометрией границ. Применение в геомеханике и гидрогеологии. Другие численные методы. Использование искусственного интеллекта при решении задач моделирования в сфере геотехнологии.</p>	<p>Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний, умений и навыков</p>	18
Итого:			72

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства аспирантов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности аспирантов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед аспирантом познавательных задач, разрешение которых позволяет аспирантам активно усваивать знания (используются поисковые методы, постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности аспирантов, их самореализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебной дисциплины за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей аспирантов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурнообразовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной педагогической деятельности аспирантов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.;

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация аспирантов производится преподавателем, ведущим лекционные и практические занятия по дисциплине, в следующих формах:

практические задания; тестирование.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и другие средства контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с Положением о фонде оценочных средств.

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме зачета. Зачет выставляется по результатам текущей аттестации и предусматривает успешное выполнение всех предусмотренных заданий.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Зачет
<p>Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Выполнил все предусмотренные задания, имеет положительные оценки по всем контрольным точкам.</p>	зачтено
<p>Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, возможно допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач. Выполнил все предусмотренные задания, имеет положительные оценки по всем контрольным точкам.</p>	
<p>Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы. Выполнил не все предусмотренные задания, имеет положительные оценки не по всем контрольным точкам.</p>	не зачтено

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

7.1. Основная литература

1. Чекушкина, Е. Н. Методология научного исследования. Учебно-методическое пособие / Е. Н. Чекушкина. – Саранск : Средне-Волжский институт (филиал) ВГУЮ (РПА Минюста России), 2025. – 79 с. – ISBN 978-5-6050658-7-6. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/148499.html> (дата обращения: 27.02.2025). – Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

2. Скворцова, Л. М. Методология научных исследований : учебное пособие / Скворцова Л.М.. – Москва : МИСИ-МГСУ, Ай Пи Ар Медиа, ЭБС АСВ, 2024. – 79 с. – ISBN 978-5-7264-3493-3. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/140488.html> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

3. Хорошилов, В. С. Методология научных исследований: учебное пособие / В. С. Хорошилов, Н. Н. Кобелева. – Новосибирск : Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 2024. – 141 с. – Текст : электронный // ЭБС «Лань» : [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/484922> (дата обращения:

31.03.2025). – Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

7.2. Дополнительная литература

1. Каплунов, Д.Р. Системный анализ и проектирование горных предприятий: учебник / Д.Р. Каплунов, А.П. Кузьмин, Д.Н. Петров. – М. : Изд-во МГГУ, 2010. – 158 с.

2. Богданов В.Д. Моделирование в горном производстве: учебное пособие / В.Д. Богданов. – Екатеринбург: УГГУ, 2016. – 188 с.

3. Трубецкой, К.Н. Научные основы проектирования горных предприятий: учебник / К.Н. Трубецкой, В.Д. Каплунов, В.Н. Кулешов. – М.: Горная книга, 2012. – 212 с.

7.3. Методические указания / рекомендации

1. Методические рекомендации к изучению дисциплины «Основы моделирования горных процессов» для аспирантов очной формы обучения всех направлений подготовки / Сост.: Должиков П. Н., Палейчук Н. Н. – Луганск: Изд-во Луганского национального университета имени Владимира Даля, 2025. – 30 с.

7.4. Интернет-ресурсы

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

Научные журналы

Научный журнал «Горный журнал» – <https://www.rudmet.ru/catalog/journals/1/>

Известия вузов. Горный журнал: научный журнал – <https://mining-science.ru/>

Научный журнал «Недропользование XXI век» – <https://nedra21.ru/>

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Основы моделирования горных процессов» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?pageid=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/