


**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 А.Г. Протосеня

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО  
ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ  
ПРОЦЕССОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

<b>Область науки:</b>	2. Технические науки
<b>Группа научных специальностей:</b>	2.8. Недропользование и горные науки
<b>Научная специальность:</b>	2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
<b>Отрасли науки:</b>	Технические
<b>Форма освоения программы аспирантуры:</b>	Очная
<b>Срок освоения программы аспирантуры:</b>	4 года
<b>Составитель:</b>	д.т.н., профессор С.Г. Гендлер

Санкт-Петербург

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Задачи самостоятельной работы.....	4
Самостоятельное изучение дополнительных материалов.....	5

## Введение<sup>1</sup>

Изучение дисциплины «Моделирование аэродинамических и тепловых процессов при разработке месторождений полезных ископаемых» предполагает формирование у аспирантов компетенций на основе изучения расширения и закрепление знаний будущих преподавателей и руководителей в области моделирования аэродинамических и тепловых процессов при разработке месторождений полезных ископаемых.

Изучение дисциплины предполагает прослушивание лекционного курса, а также выполнение самостоятельной работы, направленной на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, а также выработку навыков самостоятельного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

В методических указаниях описываются действия, которые необходимо выполнить аспиранту в рамках самостоятельной работы.

### **ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Самостоятельная работа – обязательная и неотъемлемая часть учебной работы аспирантов, направленная на:

- систематизацию, закрепление, углубление и расширение полученных теоретических знаний и практических умений;
- формирование умений использовать различные информационные источники: нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, творческой инициативы, ответственности и организованности;
- развитие исследовательских умений.

Самостоятельная работа по дисциплине «Моделирование аэродинамических и тепловых процессов при разработке месторож-

---

<sup>1</sup> Из рабочей программы дисциплины

дений полезных ископаемых» включает изучение дополнительных материалов по излагаемому на лекциях материалу.

### **САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ<sup>2</sup>**

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения и подходы к решению практических задач.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее основные понятия, новые незнакомые термины и названия, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги и к глоссарию (словарю терминов). Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к промежуточной аттестации.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач – один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала.

### **Тематика разделов дисциплины, рекомендуемая к изучению:<sup>3</sup>**

**Тема 1.** Основы теории подобия процессов аэродинамики и теплообмена в горных выработках и горных массивах

---

<sup>2</sup> Из рабочей программы дисциплины

<sup>3</sup> Из рабочей программы дисциплины

**Тема 2.** Основные понятия теории размерностей

**Тема 3.** Физическое моделирование аэродинамических и тепловых процессов в горных выработках и горных массивах

**Тема 4.** Математическое моделирование аэродинамических и тепловых процессов в горных выработках и горных массивах

**Рекомендуемая литература и источники в сети Интернет:<sup>4</sup>**

**Основная литература:**

1. Гендлер С.Г., Аэрология горных предприятий [Текст]:/ С.Г. Гендлер, Смирняков В.В. Санкт-Петербург.: Проспект науки, 2016 – 200 с. [печатный экземпляр]
2. Гончаров, С.А. Термодинамика [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2002. — 441 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3463>. — Загл. с экрана. Электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/3463>
3. Дядькин Ю.Д. Основы горной теплофизики. [Текст]:/ М.: Недра, 1968. - 253 с& [печатный экземпляр]
4. Казаков Б.П., Теория и практика прогнозирования, профилактики и борьбы с аварийными нарушениями проветривания рудников. [Текст]:/ М.: Казаков Б.П., Левин Л.Ю., Шалимов А.В. М.: Недра, 2016. – 244 с. [печатный экземпляр]
5. Каледина Н.О. Расчет аэродинамических параметров выработанных пространств [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Н.О. Каледина, С.С. Кобылкин. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2015. — 44 Электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/74370>
6. Пучков, Л.А. Извлечение метана из угольных пластов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л.А. Пучков, С.В. Сластунов, К.С. Коликов. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2002. — 383 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3429>. — Загл. с экрана. Электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/3429>
7. Ушаков К.З.. Газовая динамика шахт. [Текст]: М. МГГУ, 2004. – 478 с. [печатный экземпляр].

---

<sup>4</sup> Из рабочей программы дисциплины

### **Дополнительная**

1. Арутюнов, В.А. Теплофизика и теплотехника: Теплофизика: Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Арутюнов, С.А. Крупенников, Г.С. Сборщиков. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2010. — 228 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2083>. — Загл. с экрана. Электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/2083>
2. Пашкевич Р.И. Термогидродинамическое моделирование теплопереноса в породах Мутновской магмотермальной системы [Текст]:/ Р.И. Пашкевич, В.В. Таскин, Владивосток: Дальнаука, 2009. – 209 с. [печатный экземпляр].
3. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Механика жидкостей и газов. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Арутюнов [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2007. — 85 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1813>. — Загл. с экрана Электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/1813>
4. Теплофизические расчеты объектов народного хозяйства, размещаемых в горных выработках. Справочное Пособие по СНИП.//М. - 1989. Стройиздат:. 76 с. [печатный экземпляр].

### **Основная литература:**

- Москва : МИСИС, 2010. — 228 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2083>. — Загл. с экрана. Электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/2083>
2. Пашкевич Р.И. Термогидродинамическое моделирование теплопереноса в породах Мутновской магмотермальной системы [Текст]:/ Р.И. Пашкевич, В.В. Таскин, Владивосток: Дальнаука, 2009. – 209 с. [печатный экземпляр].
  3. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов / под общ. ред Рубан А.Д., М.И. Щадова – М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2010. – 504 с. [печатный экземпляр].

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

1. Европейская цифровая библиотека Europeana:  
<http://www.europeana.eu/portal>
- КонсультантПлюс: справочно-поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/)
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. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
5. Научная электронная библиотека «Scopus»:  
<https://www.scopus.com>
6. Научная электронная библиотека ScienceDirect:  
<http://www.sciencedirect.com>
7. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»:  
<https://elibrary.ru/>
8. Портал «Гуманитарное образование»  
<http://www.humanities.edu.ru/>
9. Федеральный портал «Российское образование»  
<http://www.edu.ru/>
10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
11. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
12. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>
13. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): Электронная библиотека учебников:  
<http://studentam.net>
14. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»:  
[www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
15. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru/>
16. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

Для подготовки к промежуточному контролю обучающийся должен сопоставить приобретенные знания, умения, навыки и опыт с указанными в рабочей программе дисциплины, проверить себя, ответив на контрольные вопросы и, в случае необходимости, еще раз изучить литературные источники и обратиться к преподавателю за консультацией.

### **Контрольные вопросы для самопроверки**

**Тема 1.** Основы теории подобия процессов аэродинамики и теплообмена в горных выработках и горных массивах

1. Методы моделирования и их отличие от методов прямого эксперимента.
2. Полное и неполное моделирование.
3. Приближенное моделирование.
4. Независимая переменная.
5. Подобное преобразование.
6. Масштабные преобразования.
7. Аффинные системы.
8. Аффинно-масштабные преобразования.
9. Приведение уравнений к безразмерному виду.
10. Подобие шахтных вентиляционных потоков.

**Тема 2. Основные понятия теории размерностей**

1. Случаи применения теории размерностей для чисел подобия.
2. Единицы измерения физических величин
3. Первичные (основные) величины.
4. Вторичные производные величины.
5. Независимые величины.
6.  $\Pi$  – теорема.
7. Процедуры определения вида чисел подобия с помощью анализа размерностей.
8. Первый способ определения чисел подобия.
9. Второй способ нахождения чисел подобия.
10. Теоремы подобия.



### **Тема 3. Физическое моделирование аэродинамических и тепловых процессов в горных выработках и горных массивах**

1. Основные положения физического моделирования.
2. Условия однозначности при осуществлении математического моделирования.
3. Числа подобия при физическом моделировании аэродинамических процессов в горных выработках.
4. Условия автомодельности аэродинамических процессов в горных выработках.
5. Числа подобия при моделировании нестационарной теплопроводности в твердом теле.
6. Числа подобия при моделировании конвективного теплообмена.
7. Моделирование конвективного теплообмена при изменении агрегатного состояния.
8. Технологические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых, связанные с агрегатными переходами вещества.
9. Особенности физического моделирования при использовании теории нелинейного подобия.
10. Моделирующая установка.

### **Тема 4. Математическое моделирование аэродинамических и тепловых процессов в горных выработках и горных массивах**

1. Математические модели, описывающие процессы аэродинамики и теплообмена в горных выработках и горных массивах.
2. Принципы составления алгоритмов и решения задач вентиляции на основе пакетов прикладных программ «Вентиляция-2» и «Аэросеть».
2. Области использования для моделирования процессов теплопереноса в горных выработках и горных массивах программных комплексов «Ansys» и «Fluent».
3. Типовые задачи, решаемые на основе программного пакета «Flow vision».
4. Использование программных комплексов для моделирования аварийных ситуаций, возникающих в горных выработках.

5. Моделирование аэродинамических процессов в вентиляторах и вентиляционных каналах.