

**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 ОПОП ВО  
Профессор А.Г. Протосеня

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО  
ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ  
УПРАВЛЕНИЕ АЭРОГАЗОТЕРМОДИНАМИЧЕСКИМИ  
ПРОЦЕССАМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО  
ПРОСТРАНСТВА**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Подготовка кадров высшей квалификации
<b>Направление подготовки:</b>	21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых
<b>Направленность (профиль):</b>	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Нормативный срок обучения:</b>	4 года
<b>Составитель:</b>	д.т.н., проф. С.Г. Гендлер

Санкт-Петербург

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Задания к самостоятельной работе.....	4
Подготовка к практическим работам.....	5
Самостоятельное изучение дополнительных материалов.....	6
Приложение А. Требования к оформлению отчета по практической работе.....	15

## Введение<sup>1</sup>

Изучение дисциплины «Управление аэрогазотермодинамическими процессами при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства» предполагает формирование у аспирантов компетенций на основе изучения расширения и закрепление знаний будущих преподавателей и руководителей в области управления газовым и тепловым режимом шахт, рудников и подземных сооружений, а также выбор методов, способов и средств управления аэрогазотермодинамическими процессами для обеспечения безопасности, экономичности и экологичности горного производства.

В процессе изучения дисциплины аспиранты выполняют ряд практических работ, которые составляют основу их практической подготовки. Самостоятельная работа направлена 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, в том числе при подготовке к практическим работам.

### **ЗАДАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**

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;

---

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

- развитие исследовательских умений.

Самостоятельная работа по дисциплине «Управление аэрогазотермодинамическими процессами при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства» включает подготовку к практическим работам, а также изучение дополнительных материалов.

### **ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ**

Основная цель практических занятий – связать теоретические знания с практической деятельностью. Их цель - совершенствовать умения и навыки решения практических задач, что является обязательным условием подготовки специалиста.

При подготовке к практическим работам необходимо ознакомиться с методическими указаниями и уяснить:

- цель работы;
- содержание работы;
- порядок выполнения работы;
- результаты, которые должны быть получены в процессе выполнения работы;
- требования к отчету по работе.

Результат выполненного практического задания оформляется в виде отчета, который защищается у преподавателя.

Отчет должен содержать:

- титульный лист с указанием темы работы;
- индивидуальное задание;
- краткое изложение теоретического материала;
- результаты выполненных заданий;
- выводы.

Отчет должен соответствовать изложенным в данных методических указаниях требованиям к оформлению (Приложение А).

## 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.** Процессы аэро-газо- теплопереноса при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства.

**Тема 2.** Основные физические характеристики газодинамических и термодинамических процессов в горном массиве и рудничной атмосфере.

---

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

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

- Тема 3.** Уравнения аэро-газо- теплопереноса в горных массивах и горных выработках
- Тема 4.** Подобие и моделирование газо- и термодинамических процессов.
- Тема 5.** Управление газовым режимом горных предприятий средствами вентиляции.
- Тема 6.** Дегазация угольного и породного массивов
- Тема 7.** Горно-технические и теплотехнические способы регулирования теплового режима горных выработок
- Тема 8.** Современные алгоритмы и реализующие их программные комплексы для решения задач проектирования систем управления аэро-газо-термодинамическими процессами.

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

**Основная литература:**

1. Галкин А.Ф. Тепловой режим подземных сооружений Севера [Текст]:/Новосибирск:, Наука, 2000. -304 с. [печатный экземпляр]
2. Гендлер С.Г., Аэрология горных предприятий [Текст]:/ С.Г. Гендлер, Смирняков В.В. Санкт-Петербург.: Проспект науки, 2016 – 200 с. [печатный экземпляр]
3. Грязев М. В., Качурин Н. М., Стась Г. В. Аэрогазодинамические процессы и аэрологическая безопасность при подземной добыче полезных ископаемых [Текст]: / Грязев М. В., Качурин Н. М., Стась Г. В. Издательство ТулГУ, 2018. 266 стр.  
[tsutula.bookonlime.ru/reader/book/...](http://tsutula.bookonlime.ru/reader/book/...)
4. 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>
5. Казаков Б.П., Теория и практика прогнозирования, профилактики и борьбы с аварийными нарушениями проветривания

---

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

рудников. [Текст]:/ М.: Казаков Б.П., Левин Л.Ю., Шалимов А.В. М.: Недра, 2016. – 244 с. [печатный экземпляр]

6. 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>

7. Козырев С.А., Осинцева А.В., Амосов П.В. Управление вентиляционными потоками в горных выработках подземных рудников на основе математического моделирования аэродинамических процессов [Текст]: / Козырев С.А., Осинцева А.В., Амосов П.В – Апатиты: КНЦ РАН, 2019. – 137 с.

[elibrary.ru>item.asp?id=41537252](http://elibrary.ru/item.asp?id=41537252)

8.. Красюк А. М., Лугин И. В. Вентиляция метрополитенов [Текст]: / Красюк А. М. , Лугин И. В; Новосибирск: Российская академия наук, Сибирское отделение Институт горного дела им. Н. А. Чанакала.: Наука, 2019. - 314, [search.rsl.ru>ru/record/01009942004](http://search.rsl.ru/record/01009942004)

9. Проектирование вентиляции при строительстве подземных сооружений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.О. Каледина [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2016. — 80 с. Электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/74371>

10. Ушаков К.З.. Газовая динамика шахт. [Текст]: М. МГГУ, 2004. – 478 с. [печатный экземпляр].

#### **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. Палеев Д. Ю. Компьютерные технологии для решения задач плана ликвидации аварий [Текст]: /Палеев Д. Ю., Лукашов О. Ю., Костеренко В. Н., Тимченко А. Н. Изд-во «Горное дело», 2011, 160 стр.

[search.rsl.ru/record/01006682218](http://search.rsl.ru/record/01006682218)

3. 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].

4. 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].

5. Рогалев В. А. Оздоровление атмосферы карьеров и угольных разрезов методические основы [Текст]: / Рогалев В. А. , Горшков Л. К. Учебное пособие. СПб.: МАНЕБ, 2013. -130 стр.

[geokniga.org/bookfiles/geokniga-aerologiya-gornyh...](http://geokniga.org/bookfiles/geokniga-aerologiya-gornyh...)

6. 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>

7. Теплофизические расчеты объектов народного хозяйства, размещаемых в горных выработках. Справочное Пособие по СНИП.//М. - 1989. Стройиздат:. 76 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. Поиск 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. Процессы аэро-газо- теплопереноса при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства.**

1. Природа турбулентности.
2. Характеристики турбулентности в шахтных вентиляционных потоках.
3. Диффузия газов в горных шахтных вентиляционных потоках.
4. Характеристики Газодинамических процессов в горных выработках.
5. Переходные газодинамические процессы в шахтных вентиляционных системах.
6. Энтальпия и энтропия термодинамических процессов.
7. Термодинамическая вероятность. Фазовые переходы в горных породах. Тепловые эффекты химических реакций.
8. Закономерности теплообмена в системе «воздушная среда - горный массив».
9. Процессы переноса теплоты в горных породах при фазовых переходах влаги.
10. Динамика изменения относительной влажности и влагосодержания в горных выработках и горных массивах.

#### **Тема 2. Основные физические характеристики газодинамических и термодинамических процессов в горном массиве и рудничной атмосфере**

1. Виды давления в движущемся воздушном потоке.
2. Режимы движения воздуха по горным выработкам.
3. Типы воздушных потоков в горных выработках. Характеристика турбулентных воздушных струй.
4. Молекулярные и турбулентные нормальные и касательные напряжения в воздушном потоке.
5. Эмпирические законы сопротивления.
6. Сопротивления трения, местные и лобовые сопротивления.

7. Аэродинамика воздуха в выработанном пространстве угольных шахт при различных системах разработки и способах управления кровлей.
8. Аэродинамика воздушных струй при создании воздушной и воздушно-тепловой завес.
9. Аэродинамика воздушных струй при поршневом действии транспортных средств.
10. Аэродинамика вентиляторных установок и её влияние на устойчивость их работы.

### **Тема 3. Уравнения аэро-газо- теплопереноса в горных массивах и горных выработках**

1. Математические модели, описывающие процессы движения флюида в массивах горных пород и грунтов.
2. Закон Дарси.
4. Законы Краснопольского и Ломидзе.
5. Закон Форхгеймера.
6. Закон теплопроводности Фурье.
7. Уравнение неразрывности. Уравнения Навье-Стокса.
8. Уравнения Рейнольдса.
9. Уравнение Бернулли.
10. Уравнение сохранения энергии. Уравнение теплопроводности.

### **Тема 4. Подобие и моделирование газо- и термодинамических процессов.**

1. Подобие шахтных вентиляционных потоков.
2. Условия подобия.
3. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие.
4. Масштаб моделирования.
5. Основные критерии подобия в рудничной атмосфере.
6. Подобие процессов теплопереноса в горных выработках и горных массивах.
7. Числа подобия, характеризующие аэродинамику.
8. Числа подобия, характеризующие стационарные и нестационарные процессы.
9. Числа подобия, характеризующие процессы теплопереноса.
10. Подобие и моделирование пылевых потоков.

### **Тема 5. Управление газовым режимом горных предприятий средствами вентиляции.**

1. Управление метановыделением в горных выработках.
2. Нормализация газовой обстановки в тупиковых выработках.
3. Управление газовой динамикой в выработках большого сечения и камерах.
4. Принцип статического и динамического расчета расхода воздуха для вентиляции газообильных выработок.
5. Область использования рециркуляции воздуха при управлении газовым режимом горных выработок.
6. Управление газовым режимом добычных участков.
7. Принципы вентиляции горных выработок при нахождении в них машин с двигателями внутреннего сгорания.
8. Вентиляция автодорожных тоннелей.
9. Принципы организации вентиляции железнодорожных тоннелей на дизельной тяге.
10. Управление вентиляцией выработок при высоких дебитах поступающего в них радона.

### **Тема 6. Дегазация угольного и породного массивов**

1. Отличия дегазации выработок от дегазации угольного пласта.
2. Принципы организации оперативной и заблаговременной дегазации.
3. Расчет коэффициента эффективности дегазации.
4. Технологические схемы дегазации сближенных и разрабатываемого пластов скважинами.
5. Технология дегазации разрабатываемого пласта выработками.
6. Особенности и схемы дегазации выработанных пространств.
7. Снижение содержания метана в пласте за счет нагнетания воды.
8. Основы физико-химического способа дегазации.
9. Использование гидроразрыва и гидрорасчленения для дегазации пластов.
10. Эффективность использования биохимического способа дегазации.

### **Тема 7. Горно-технические и теплотехнические способы регулирования теплового режима горных выработок**

1. Горнотехнические способы регулирования теплового режима.
2. Управление тепловым режимом с помощью вентиляции.
3. Роль теплоизоляции горных выработок в нормализации теплового режима.
4. Принципы осуществления теплового дренажа горного массива и угольного пласта.
5. Осушение горных выработок – способ нормализации параметров микроклимата.
6. Описание Проектных решений по отработке выемочных участков, обеспечивающие нормализацию климатических условий.
7. Технико-экономическая оценка горнотехнических способов нормализации климатических условий.
8. Системы СКРВ с наземным и подземным размещением холодильных станций.
9. Основные элементы СКРВ
10. Системы для подогрева воздуха, подаваемого в горные выработки .

**Тема 8. Современные алгоритмы и реализующие их программные комплексы для решения задач проектирования систем управления аэро-газо-термодинамическими процессами.**

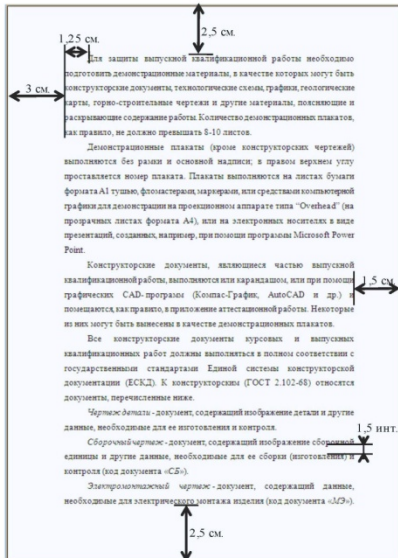
1. Принципы построения алгоритмов расчета вентиляции шахтных сетей.
2. Области использования для моделирования процессов тепло-массопереноса в горных выработках и горных массивах программных комплексов «Ansys» и «Fluent».
3. Типовые задачи, решаемые на основе программного пакета «Flow vision».
4. Использование программных комплексов для моделирования аварийных ситуаций, возникающих в горных выработках.
5. Моделирование аэродинамических процессов в вентиляторах и вентиляционных каналах.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.

### ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

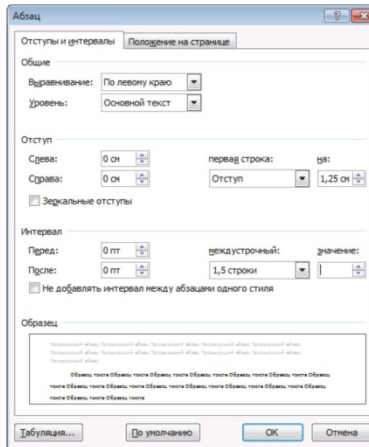
#### Текст и его размещение на странице

Пояснительная записка выполняется на одной стороне листов формата А4 (размером 297×210 мм). Поля для страницы должны быть: верхнее – 2,5 см, правое – 1,5 см, левое – 3 см.

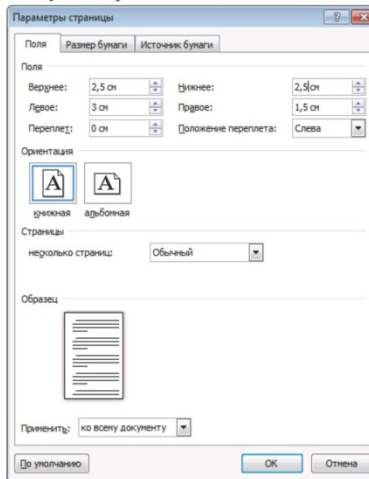


Основной шрифт текста в документе – Times New Roman, размер 14 пт; начертание обычное. Выравнивание текста, в основном – по ширине страницы. Междустрочные интервалы – полуторные.

Перенос слов – автоматический.



Абзацы в тексте начинают отступом, равным 1,25 см.



## Разделы и подразделы

Текст документа делится на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Номера разделов и подразделов записываются с абзачным отступом:

3 Третий раздел

3.1 Первый подраздел третьего раздела

3.1.1 Номера пунктов первого подраздела

3.1.2 ...

3.2 Второй подраздел третьего раздела

3.2.1 Номера пунктов второго подраздела

3.2.2 ...

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки начинаются с прописной буквы без точки в конце и без подчеркиваний. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом – 4 интервала, между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала. Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с новой страницы.

## Списки (перечисления)

Перед каждой позицией перечисления ставится дефис, например:

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов.

При необходимости ссылки на пункт перечисления перед каждой позицией ставится буква после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзачного отступа, например:

Классификация методов решения систем линейных алгебраических уравнений:

а) прямые;

- 1) метод Гаусса;
- 2) метод Крамера;
- 3) метод обратной матрицы;
- 4) метод прогонки.

б) численные;

- 1) метод простой итерации;
- 2) метод Зейделя.

## Опечатки и ошибки

Опечатки и графические неточности, обнаруженные после распечатки документа, допускается подчищать или закрашивать белой краской с последующим рукописным исправлением. Повреждение листов текстовых документов не допускается.

### Формулы

Формулой считают любую последовательность, состоящую не менее, чем из двух символов, которая не является словом в каком-либо языке. Для записи формул следует использовать приложение Microsoft Equation (рисунок 1).



Рисунок 1 – Окно приложения Microsoft Equation

Размер символов формул (в пунктах): прописной – 12, строчный – 18, крупный индекс – 7, мелкий индекс – 5. Латинские символы записываются курсивом; функции, русские и греческие буквы, химические символы – обычным начертанием. Формулы располагаются по центру.

В формулах в качестве символов следует применять стандартные обозначения. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой, если они не пояснены ранее. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той же последовательности, в которой они приведены в формуле. Пояснения должны начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Как правило, каждая формула записывается на отдельной строке, например:

Полная энергия физического тела равна:

$$E = m \cdot C^2, \quad (1)$$

где  $E$  – энергия объекта,  
 $m$  – его масса,

$C$  – скорость света в вакууме, равная 299792458 м/с.

Одноуровневые формулы (в которых все символы одного размера, без индексов), на которые нет ссылок в тексте, могут располагаться непосредственно в предложении.

Формулы, следующие одна за одной и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. Например:

$$\begin{aligned} F(x_1, x_2) &= -x_1^2 - 2 \cdot x_2^2 + 120 \cdot x_1 + 300 \cdot x_2 = \\ &= -x_1^2 - 2 \cdot (150 - x_1)^2 + 120 \cdot x_1 + 300 \cdot (150 - x_1) = \quad (2) \\ &= -3 \cdot x_1^2 + 420 \cdot x_1. \end{aligned}$$

Формулы, за исключением формул в приложениях, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают справа от формулы в круглых скобках.

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в круглых скобках, например:

Подставим выражение (7) в целевую функцию (3). В результате получим одномерную задачу безусловной оптимизации.

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой.

Формулы в приложениях нумеруются отдельно в пределах каждого приложения с добавлением обозначения приложения перед порядковым номером формулы, например: (В.1).



### Таблицы

Таблицы используют для лучшей наглядности и удобства сравнения данных. Таблицы помещают в тексте в порядке ссылки на них, по окончании того абзаца, в котором таблица в первый раз была упомянута, или на следующей странице.

Таблицы нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номеров раздела и таблицы, разделенных точкой, например, «Таблица 3.6». Форматирование номера таблицы: шрифт Times New Roman размером 12 пт, начертание обычное. Выравнивание – по левому краю строки. После номера точка не ставится, ставится дефис.

Таблица 3.6 - Степень уренивания добытой руды на различных этапах производственной цепочки

Уровень наблюдения изменчивости/ степень уренивания	Показатели качества, %							
	Fe общ.		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		CO <sub>2</sub>		ZnO <sub>2</sub>	
	Среднее	Откл. от ср. ±	Среднее	Откл. от ср. ±	Среднее	Откл. от ср. ±	Среднее	Откл. от ср. ±
1.Разведка месторождения	24	16,4	6,6	6,5	8	6	0,14	0,065
2.Усреднение «с колес»	24	3,9	6,6	1,9	8	4,2	0,14	0,036
3.Усреднительный склад (30% - 40 %)	24	2,8	6,6	1,1	8	3	0,14	0,026
3.1.1.Степень уренивания(2 и 3)		1,4		1,7		1,4		1,4

Рисунок 1 – Оформление таблицы

Формат названия таблицы: шрифт – Times New Roman, его размер – 12 пт. Выравнивание названия таблицы – по ширине строки.

Заголовки столбцов и строк таблицы начинаются с прописной буквы. В конце точка не ставится. Заголовки столбцов, как правило, записываются горизонтально, но, при необходимости, допускается их вертикальное расположение.

Заголовки столбцов центрируют по ширине столбца, заголовки строк выравнивают по левому краю. Текст в таблице, включая заголовки столбцов и строк, выполняется шрифтом Times New Roman размером 12 пт, начертание – обычное. При необходимости, допускается уменьшение размера шрифта во всей таблице до 10 пт.

При переносе части таблицы на другую страницу название помещают только над первой частью таблицы, а перед номером второй части таблицы пишут слово «Продолжение», например: «Продолжение таблицы 3.3».

Таблица 3.3 - Степень уренивания добытой руды на различных этапах производственной цепочки

Уровень наблюдения изменчивости/ степень уренивания	Показатели качества, %							
	Fe общ.		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		CO <sub>2</sub>		ZnO <sub>2</sub>	
	Среднее	Откл. от ср. ±	Среднее	Откл. от ср. ±	Среднее	Откл. от ср. ±	Среднее	Откл. от ср. ±
1.Разведка месторождения	24	16,4	6,6	6,5	8	6	0,14	0,065

Продолжение таблицы 3.3

2.Усреднение «с колес»	24	3,9	6,6	1,9	8	4,2	0,14	0,036
3.Усреднительный склад (30% - 40 %)	24	2,8	6,6	1,1	8	3	0,14	0,026

Рисунок 2 – Оформление переноса таблицы

Таблицу с большим количеством столбцов допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы.

На все таблицы должны быть ссылки. Для ссылки необходимо использовать слово «таблица» с указанием ее номера, например:

«**Максимум среднего содержания ильменорутила достигается в миланократовых гранитах (таблица 5.1)...**»

или «**В таблице 5.1 указаны...**».

## Рисунки

Количество иллюстраций должно быть достаточно для пояснения текста. Иллюстрации должны находиться после абзаца с первым упоминанием о них, или на следующей странице. Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией, например: «Рисунок 1». Допускается нумерация рисунков в пределах раздела. В этом случае номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например: «Рисунок 1.1». При ссылке на рисунки следует писать:

... в соответствии с рисунком 2.

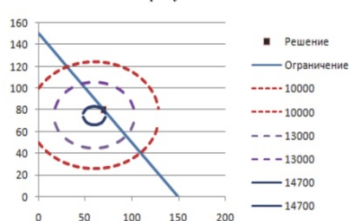


Рисунок 2 – Графическое решение задачи

Кроме номера, рисунки должны иметь название, кратко и точно отражающее содержание иллюстрации. Точка в конце названия не ставится. Формат подписи к рисунку: шрифт Times New Roman, размер 12 пт, начертание обычное, выравнивание – по центру строки. Междустрочный интервал в названиях из нескольких строк равен 1. После названия рисунка перед текстом должна следовать пустая строка.

## Нумерация страниц и содержание

Страницы курсовых, выпускных работ следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту, включая приложения. Формат номеров страниц: шрифт Times New Roman размером 12 пт, начертание обычное. Номера страниц проставляются внизу, выравнивание – по центру страницы.

Номера страниц на титульном листе и на листе с заданием не проставляются, но включаются в общую нумерацию.

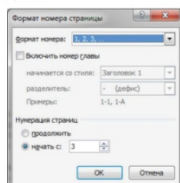


Рисунок 3 – Окно формата номера страницы Microsoft Word

На первой странице помещают содержание, включающее номера и наименования разделов и подразделов (до третьего уровня включительно) с указанием номеров страниц. Наименования, включенные в содержание, записываются строчными буквами, начиная с прописной:

СОДЕРЖАНИЕ	
Введение .....	4
1 Текстовый процессор .....	5
1.1 Базовые возможности .....	5
1.1.1 Основные понятия .....	7
1.1.2 Форматирование текста .....	15
1.2 Работа с текстом .....	30
2 Табличный процессор .....	35

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
РОССИИ**

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский горный университет»**

**Кафедра безопасности производств**

**ОТЧЕТ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАДАНИЮ**

По дисциплине Управление аэрогазотермодинамическими процессами при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства  
(название учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема п.з.: Расчет протяженности теплоаккумулирующей выработки

Автор: аспирант \_\_\_\_\_  
(подпись) (ФИО)

ОЦЕНКА: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

ПРОВЕРИЛ \_\_\_\_\_  
(должность) профессор  
Гендлер С.Г.  
(ФИО)

Санкт-Петербург  
2018 г.