

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

Кафедра металлургии

ТЕОРИЯ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов бакалавриата направления 22.03.02*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2022**

УДК 669.2.001 (073)

ТЕОРИЯ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ: Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *Г.В. Коновалов, Р.В. Куртенков*. СПб, 2022. 22 с.

В методических указаниях сформулированы общие положения, цели и задачи курсовой работы, определен порядок выполнения, изложены требования к ее оформлению и содержанию, установлен порядок подготовки к защите и защиты курсовой работы, приведена рекомендуемая литература для выполнения работы.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 22.03.02 "Металлургия".

Научный редактор д-р техн. наук *В.Н. Бричкин*

Рецензент к.т.н *М.В. Черкасова* (НПК «МЕХАНОБР-ТЕХНИКА»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Общие положения | 4 |
| Примерные темы работ | 4 |
| Структура и содержание пояснительной записки | 5 |
| Защита работ | 7 |
| Примеры выполнения курсовой работы | 7 |
| Рекомендательный библиографический список | 13 |
| Приложение А - Требования к оформлению курсовой работы | 14 |
| Приложение Б – Пример оформления титульного листа | 22 |

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цель и задачи курсовой работы. Курсовая работа является завершающей стадией изучения курса "Теория пирометаллургических процессов".

Цель курсовой работы – научиться применять теоретические знания для решения важных теоретических и практических задач металлургии цветных, благородных и редких металлов, приобрести навыки самостоятельной работы со справочной и специальной литературой, вырабатывать умение критически анализировать и обобщать данные и делать выводы из полученной информации.

Тематика курсовых работ. Каждый студент в начале семестра получает от преподавателя задание на выполнение курсовой работы. Задание содержит следующую информацию: тему работы, исходные данные, список дополнительной литературы по данной теме. Список основной рекомендуемой литературы содержится в данном методическом пособии.

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РАБОТ

1. Теоретические основы металлотермического восстановления оксидов. Построение и анализ диаграмм в координатах $\lg P_{O_2} - T$ систем $Me-O$.

2. Расчет фазовых равновесий в системах $Me-S-O$ при вариантных температурах и составах газовой фазы.

3. Теоретический прогноз продуктов-концентраторов редких рассеянных элементов.

4. Теоретический анализ вероятного распределения платиновых металлов в пирометаллургических процессах.

5. Теоретический анализ вероятных реакций в системах $MeS-H_2$ и $MeS-H_2O$.

6. Термодинамическая анализ системы прямого восстановления оксидов металлов.

7. Расчет кинетики процесса окислительного обжига полиметаллических сульфидных материалов.

Оформление работ производится на компьютере в соответствии с типовыми образцами (см. приложение), имеющимися на кафедре. Работа содержит пояснительную записку и графический ма-

териал. Объем пояснительной записки 15-20 страниц, включая текстовую часть, таблицы, иллюстрации список использованной литературы. Графический материал представляет собой рисунки и таблицы, необходимые для публичной защиты курсовой работы.

Курсовая работа после проверки преподавателем и при необходимости соответствующих исправлений допускается к публичной защите.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

В пояснительной записке вслед за титульным листом помещается задание на курсовую работу, а затем оглавление. Пояснительная записка включает введение, аналитический обзор литературы, расчетную (или экспериментальную) часть; выводы (или заключение) и список использованной литературы.

Введение. Во введении оценивается актуальность темы, значение изучаемого процесса для цветной металлургии.

Аналитический обзор литературы содержит сведения о данном процессе, состоянии теоретических и технологических работ по данному вопросу. На основании изучения литературы делается вывод о современном состоянии теории и практики процесса и перспективах его использования.

Расчетная часть работы выполняется с использованием исходных данных, справочного материала, учебной и специальной литературы, рекомендуемой преподавателем. Данные для выполнения расчетов, а также методы расчетов студент находит самостоятельно и при необходимости консультируется с преподавателем. Большинство задач требует поиска самостоятельных решений. Некоторые могут быть разбиты на ряд типовых задач, рассматриваемых в курсе "Теория металлургических процессов".

Все вычисления производятся с использованием единиц системы СИ, в отдельных случаях допускается применение внесистемных единиц, например, для давления – мм рт. ст. и ат, обычно приводимых в справочной литературе.

Прежде чем решать поставленную задачу, нужно составить и обосновать план ее решения. Решение должно сопровождаться четкими пояснениями. При использовании формул, справочных и дру-

гих литературных данных в тексте должны быть приведены корректные ссылки на литературу. Все буквенные обозначения в формулах и сокращения в тексте должны расшифровываться.

Исходные данные для расчетов (например, значения стандартных термодинамических констант) должны быть приведены в виде таблиц.

Результаты расчета представляются в виде таблиц и графиков.

Пределы варьирования параметров систем (Т, Р, состав) либо содержатся в задании, либо выбираются и обосновываются студентом самостоятельно на основании литературных данных.

Оформление таблиц и рисунков производится в соответствии с требованиями предъявляемыми к оформлению курсовых работ.

Выводы. Выводы не должны повторять содержание работы, в них формулируется результат и его оценка, например:

1. На основании термодинамических расчетов показано, что при сосуществовании металлической и сульфидной фаз платина преимущественно концентрируется в металлической фазе, а серебро – в сульфидной фазе. Теоретический коэффициент распределения платины и серебра между металлической и сульфидной фазами при температуре Т, К соответственно равны К1 и К2.

2. При повышении температуры значения коэффициентов распределения металлов возрастают (убывают).

3. В штейнах и фанштейнах вероятно концентрирование платиновых металлов и золота в металлизированной магнитной фазе, что подтверждается данными практики. Напротив, серебро преимущественно приурочено к сульфидам.

4. Выделение металлизированной магнитной фракции можно рассматривать как один из методов концентрирования благородных металлов.

ЗАЩИТА РАБОТ

Защита курсовых работ производится публично. Работа излагается в форме доклада и иллюстрируется графическим материалом.

Оппонент, назначенный из числа студентов и заранее ознакомившийся с работой, зачитывает отзыв на работу. Участники семинара задают вопросы. Оценка работы складывается из оценок преподавателем пояснительной записки, графической части, доклада, ответов на вопросы и оценки оппонента.

Лучшие работы выносятся в форме докладов на ежегодную научную конференцию студентов и молодых ученых и могут быть представлены на конкурс НИРС.

ПРИМЕРЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Пример 1

Тема: «Расчет вероятного содержания и прогноз форм селена в продуктах окислительного обжига медного концентрата флотации фанштейнов».

Исходные данные:

1. Состав концентрата: Cu – 70,15 %, Ni – 4,5 %, Fe – 2,6 %, S – 20,8 %, Se – 320 г/т.

2. Обжиг в печи Кипящего слоя, температура 1043 К.

3. Содержание серы в огарке 0,3 %, содержание в газовой фазе $SO_3 + SO_2$ – 5 % объемн., пыли 130 г/м³.

4. Очистка газов последовательно в мультициклонах (Т = 873 К, степень улавливания пыли ~ 80 %), сухих электрофильтрах (Т = 627 К, степень улавливания пыли ~98 %), мокрой системе газоочистки промывного отделения сернокислотного цеха, включающей скрубберы, электрофильтры (Т = 343 К). Содержание серы в улетевшей пыли 10,0 %.

5. Принять, что промывная серная кислота содержит 300 г/л H_2SO_4 .

Порядок выполнения работы

1. В аналитическом обзоре литературы приводится краткая сводка имеющихся данных.

На основании изучения литературы установлено, что в настоящее время концентраты такого состава методом окислительного обжига на заводах России не перерабатываются, однако этот процесс рассматривается как один из перспективных в сочетании с последующим выщелачиванием и электроосаждением меди. Его использование позволяет исключить сброс серосодержащих газов и, соответственно, улучшить экологическую обстановку. В то же время замена электро-рафинирования электроосаждением меди хотя и повышает расход электроэнергии, но упрощает обслуживание электролизных ванн.

Данные о поведении селена в этом процессе отсутствуют. Получение информации о его содержании и формах в продуктах обжига имеет большое значение как из-за целесообразности его извлечения, так и потому, что присутствие селена влияет на технологию извлечения благородных металлов, концентрирующихся в кеках выщелачивания обожженного концентрата. Это определяет актуальность темы работы.

2. Расчетная часть начинается с выбора пути и последовательного решения поставленной задачи. В данном случае путь складывается из следующих звеньев:

- расчет выходов пылей, огарка и промывной серной кислоты;
- расчет вероятности реакций окисления селенидов с целью определения поведения селена при обжиге;
- оценка вероятности выделения селена из газовой фазы в пыли и возможных форм в них;
- оценка вероятности восстановления диоксида селена сернистым газом при абсорбции диоксида промывной кислотой.

2.1. Расчет выходов пылей, огарка и промывной кислоты

Расчет выходов продуктов осуществляется путем составления материального баланса процесса обжига 100 кг концентрата.

С учетом объемного содержания $\text{SO}_2 + \text{SO}_3$ в газах 5 % массовая концентрация серы составляет:

$$\frac{50 \cdot 60}{22,4} = 142,76, \text{ г/нм}^3$$

Соответственно, объем газа равен:

$$\frac{40,96}{71,43} = 287,6, \text{ нм}^3$$

Поскольку запыленность газа составляет 130 г/нм^3 , масса пыли, вынесенной из печи, равна $37,27 \text{ кг}$. Количество пыли мультициклонов соответственно равно $29,82 \text{ кг}$. Количество пыли в газах за мультициклонами составляет $7,45 \text{ кг}$. Количество пыли, уловленной сухими электрофильтрами, соответственно составляет $7,45 \cdot 0,98 = 7,3 \text{ кг}$. В газах за электрофильтрами содержится $0,15 \text{ кг}$ пыли ($0,52 \text{ г/нм}^3$).

Такой расчет правомерен, если предположить, что при температурах, характерных для электрофильтра, не будет происходить сульфатизация оксидов по реакциям:



Обычно в форме сульфатов пыли электрофильтров содержат до 50 % металлов, а пыли за электрофильтрами – до 80-90 %.

Оценим вероятность протекания реакции (1) с помощью термодинамических расчетов изменения потенциала Гиббса. Расчет рекомендуется выполнить по методу Шварцман-Темкина.

Для расчета количества образующейся промывной кислоты рассмотрим равновесие в системе $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$, вычислим

$$\lg K_P = -\frac{\Delta G}{2,303RT}$$

и решим систему из трех уравнений с тремя неизвестными для определения P_{SO_3} :

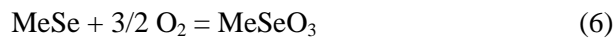
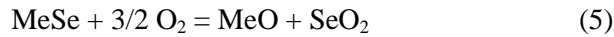
$$K_P = \frac{P_{\text{SO}_3}^2}{P_{\text{SO}_2}^2 \cdot P_{\text{O}_2}} \quad (2)$$

$$P_{SO_3} + P_{SO_2} + P_{O_2} = 0,21 \quad (3)$$

$$P_{SO_3} + P_{SO_2} = 0,05 \quad (4)$$

Зная объем газа, рассчитаем максимально возможное количество промывной серной кислоты, образующейся при обжиге 100 кг концентрата. Сопоставим полученную величину с данными практики. Выход промывной серной кислоты составляет ~1 % (в пересчете на 98%-ную).

2.2. Для оценки вероятных реакций окисления селенидов рассчитаем изменение потенциала Гиббса реакций:

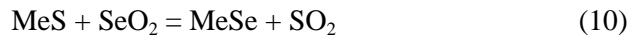
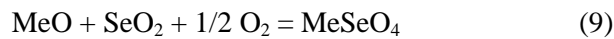


При сопоставлении полученных величин ΔG необходимо их привести к 1 молю O_2 . Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

2.3. Оценка вероятности выделения селена из газовой фазы и возможных форм в пылях выполняется путем:

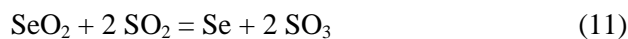
а) расчета вероятности конденсации SeO_2 из газовой фазы – по сопоставлению равновесного давления SeO_2 и реальной его концентрации при температурах, характерных для мультициклонов и электрофильтров;

б) по вероятности при этих температурах хемосорбции оксидами и сульфидами пыли за счет реакций типа:



и сравнения полученных величин с ΔG реакции (1).

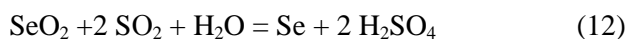
в) по вероятности протекания в системе газоочистки реакции



и фазового состояния элементарного селена при этих температурах.

Примечание. Сведения о равновесном давлении SeO_2 и Se над конденсированными фазами заимствуются из справочников, например, Справочника химика (под редакцией Б.А.Никольского), т. I. Строится зависимость P от T и равновесные значения сопоставляются с расчетными концентрациями в газовой фазе.

2.4. Для оценки вероятности восстановления диоксида селена при абсорбции серной кислотой рассчитывается изменение потенциала Гиббса для процесса:



Совокупность полученных данных позволяет сделать выводы о вероятном поведении селена и формах его в продуктах обжига медного концентрата.

Пример 2

Тема: Теоретические основы металлотермического восстановления оксидов ниобия.

Задание: На основании литературных данных термодинамического анализа соответствующих систем обосновать выбор восстановителя и способ осуществления процесса.

Порядок выполнения работы

1. В аналитическом обзоре литературы приводятся данные исследований процессов металлотермии оксидов тугоплавких металлов и сплавов и промышленной практики металлотермии ниобия.

2. Выполняется термодинамический расчет равновесия в системах Nb-O, Ta-O, Ca-O, Na-O, Al-O, Mg-O, Si-O, Fe-O. Для этого составить таблицы исходных термодинамических констант, температур и изменения энтальпий и энтропий фазовых переходов перечисленных металлов и их оксидов, а также коэффициентов, характеризующих зависимость теплоемкостей от температуры. С помощью уравнения Шварцмана-Темкина вычислить зависимость изменения энергии Гиббса при диссоциации оксидов



от температуры в пределах 298 К – 2000 К.

При расчетах учесть фазовое состояние оксидов и металлов, определяющее появление изломов на кривых в точках фазовых переходов.

3. Пользуясь справочником М.Хансена и К.Андерко [6], по диаграммам состояния Nb–Me, где Me – Ca, Na, Al, Mg, Si, сделайте вывод об образовании твердых растворов и химических соединений и прогноз влияния на изучаемые процессы.

4. По уравнению $\ln K_p = -\frac{\Delta G_T^0}{RT}$ вычислите константы равновесия процессов диссоциации оксидов. Учитывая, что при отсутствии растворов и других газообразных продуктов, кроме кислорода, $K_p = P_{O_2}$, постройте для перечисленных систем Me–O графики в координатах $P_{O_2} - T$ и $\Delta G - T$. Сделайте выводы о вероятности реакций восстановления оксидов ниобия различными металлами.

5. Пренебрегая потерями во внешнюю среду, оцените максимальную температуру продуктов с помощью уравнения теплового баланса. Учтите фазовое состояние продуктов при этой температуре. Сделайте выводы.

6. На основании литературных данных и результатов расчета сделайте общие выводы о целесообразном выборе восстановителя и условиях осуществления процесса металлотермии оксида ниобия.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ванюков А.В. Теория пирометаллургических процессов / А.В. Ванюков, В.Я. Зайцев. М.: Metallurgy, 1991. 380 с.
2. Рыжонков Д.И. Теория металлургических процессов / Д.И. Рыжонков, П.П. Арсентьев, В.В. Яковлев и др. М.: Metallurgy, 1989. 390 с.
3. Погодаев А.М. Основы теории пирометаллургических процессов / А.М. Погодаев, И.А. Погодаева. Красноярск: Гос. ун-т цветных металлов и золота, 2004. 132 с.
4. Никольский П.Б. Справочник химика. М.: Химия, том 1. 1966. 1072 с.
5. Лукашенко А.М. Сборник примеров и задач по теории процессов цветной металлургии / А.М. Лукашенко, А.М. Погодин, Н.А. Сладнева. М.: Metallurgy, т. I. 1971. 172 с.
6. Куценко С.А. Термодинамические расчеты химико-металлургических процессов / С.А. Куценко, Д.В. Цымай. Орел: Орел ГТУ, 2003. 63 с.
7. Колесников И.М. Термодинамика физико-химических процессов / И.М. Колесников, В.А. Винокуров. М.: Нефть и газ, 2005. 480 с.
8. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. К.П. Миценко, А.А. Равделя, Л.: Химия, 1974. 200 с.
9. Хансен М. Структуры двойных сплавов / М. Хансен, К. Андерко, М.: Metallurgizdat, т. 1 и 2, 1962. 609 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Текст и его размещение на странице

Пояснительная записка выполняется на одной стороне листов формата А4 (размером 297×210 мм). Поля для страниц должны быть:

- верхнее – 2,5 см;
- нижнее – 2,5 см;
- правое – 1,5 см;
- левое – 3,0 см.

Основной шрифт текста в документе - TimesNewRoman 14 пт, начертание обычное. Выравнивание текста, в основном – по ширине страницы. Междустрочный интервал – полуторный. Перенос слов – автоматический.

Абзацы в тексте начинают отступом 1,25 см.

2. 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 номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Номера разделов и подразделов записывается с абзацным 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 подчеркивания. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

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

3. 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 абзацного 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.

4. Опечатки и ошибки

Опечатки и графические неточности, обнаруженные после распечатки документа, допускается подчищать или закрашивать корректором с последующим рукописным исправлением (черными чернилами). Повреждение листов текстовых документов не допускается.

5. Формулы

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



Рис. 1. Окно приложения MicrosoftEquation

Размер символов формул (в пунктах): прописной – 12, строчный – 18, крупный индекс – 7, мелкий индекс – 5. Латинские символы записываются курсивом; функции, русские 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 последовательность, 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 – масса объекта,

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 другой и не разделенные текстом, разделяются запятой.

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

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

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: (B.1).

6. Таблицы

Таблицы используют для лучшей наглядности и удобства сравнения данных. Таблица 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 TimesNewRoman размером 12 пт, начертание обычное. Выравнивание – по левому краю строки. После номера точка не ставится, ставится дефис.

Таблица 3.6 – Степень усреднения добытой руды на различных этапах производственной цепочки

| Уровень наблюдения изменчивости/степень усреднения | Показатель качества, % | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|--------------|
| | Fe общ | | P ₂ O ₅ | | CO ₂ | | ZrO ₂ | |
| | 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 Степень усреднения (п.2/п.3) | | 1,4 | | 1,7 | | 1,4 | | 1,4 |

Рис. 2. Оформление таблицы

Формат названия таблицы: TimesNewRoman размером 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 TimesNewRoman 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 усреднения добытой руды на различных этапах производственной цепочки

| Уровень наблюдения изменчивости / степень усреднения | Показатели качества, % | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|----------------|
| | Fe общ. | | P ₂ O ₅ | | CO ₂ | | ZrO ₂ | |
| | 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 |

Рис. 3. 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...»**.

7. 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.

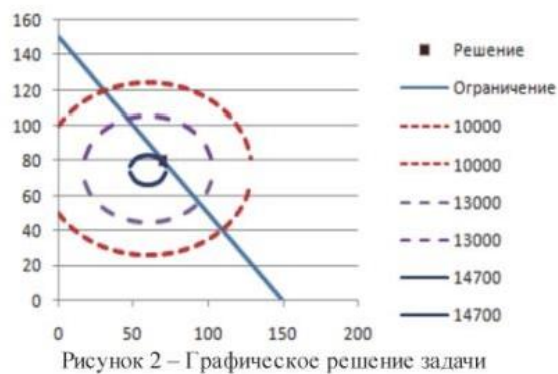


Рис. 4. Пример нумерации и названия рисунков

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

8. Нумерация страниц и содержание

Страницы курсовых, выпускных работ следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту, включая приложения. Формат номеров страниц: TimesNewRoman размером 12 пт, начертание – обычное. Номер страницы проставляется внизу. Выравнивание – по центру страницы.

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

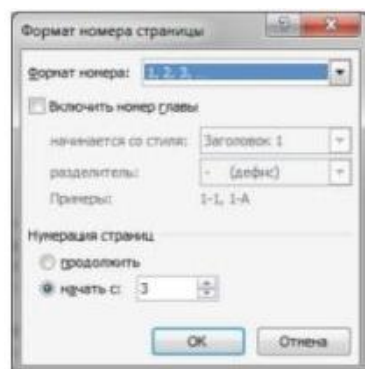


Рис.5. Окно формата номера страницы

На странице после задания помещают содержание, включающее номера и наименование разделов и подразделов (до третьего уровня включительно) с указанием номеров страниц. Наименование, 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 |

Рис. 6. Пример оформления содержания

ТЕОРИЯ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов бакалавриата направления 22.03.02*

Сост.: *Г.В. Коновалов, Р.В. Куртенков*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
металлургии

Ответственный за выпуск *Г.В. Коновалов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 01.06.2022. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,3. Усл.кр.-отг. 1,3. Уч.-изд.л. 1,1. Тираж 50 экз. Заказ 344.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2