

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

Кафедра взрывного дела

ТЕОРИЯ ДЕТОНАЦИИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ - ПЕТЕРБУРГ
2021**

УДК 622.235 (073)

ТЕОРИЯ ДЕТОНАЦИИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ: Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.Н. Ковалевский, А.В. Мысин*. СПб, 2021. 19 с.

Приведены методические указания по выполнению курсовой работы, даны рекомендации по решению основных вопросов, приведены примеры тем курсовой работы. Кратко представлены некоторые теоретические аспекты по расчетным методикам. Изложены требования к оформлению отчета. Методические указания к курсовой работе предназначены для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело».

Научный редактор доц. *В.И. Чернобай*

Рецензент к.т.н. *О.Н. Таламанова* (ООО «Институт Гипроникель»)

ВВЕДЕНИЕ

Взрывчатые вещества как высококонцентрированный источник энергии способны при взрыве совершать за весьма короткие промежутки времени значительную работу. В связи с этим взрывные работы широко применяют в различных отраслях народного хозяйства. Многообразие условий применения и широкий диапазон технических требований к промышленным ВВ обуславливает различия их по химическому составу, физическим и взрывным свойствам.

Практические задачи повышения эффективности и безопасности взрывных работ в горной промышленности во многом определяются современными представлениями о физических и химических процессах, происходящих при взрыве взрывчатых веществ. При этом необходимо учитывать многообразие условий применения и широкий диапазон технических требований к промышленным взрывчатым веществам, различая их по химическому составу, физическим и взрывчатым свойствам.

При рассмотрении взрывных процессов, происходящих в конденсированных ВВ, особое значение представляет детонационные характеристики ВВ, знание которых позволяет более эффективное и безопасное использование промышленных ВВ.

Курсовая работа (КР) выполняется после изучения курсов «Химия взрывчатых веществ», «Теория детонации взрывчатых веществ» и заключается в выполнении расчетов по определению основных параметров детонации взрывчатых веществ.

Изучение дисциплины «Теория детонации взрывчатых веществ» предполагает формирование у обучающихся базовых знаний и современных представлений о механизме горения ВВ и переход горения в детонацию; методах и способах определения основных параметров ВВ; гидродинамической теории ударной волны и детонации, теории детонации конденсированных ВВ, критических условиях протекания детонации и влияния внешних условий на параметры детонационных волн.

ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Цели и задачи работы

1. Закрепление знаний по теоретическим основам курса «Теория детонации взрывчатых веществ» и практических навыков, полученных в ходе выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Химия взрывчатых веществ» и «Теория детонации взрывчатых веществ».

2. Приобретение инженерных навыков по расчету параметров детонации промышленных взрывчатых веществ.

Содержание курсовой работы

1. Титульный лист установленного образца.
2. Бланк задания установленного образца.
3. Содержание с указанием страниц.
4. Обзор методик расчета параметров детонационной волны.
5. Расчет скорости детонации. Расчет идеальной скорости детонации.
6. Расчет давления в точке Чемпена-Жуге (детонационного давления).
7. Расчет плотности продуктов взрыва и температуры во фронте детонационной волны.
8. Определение уравнения состояния продуктов взрыва.
9. Определение теоретической работоспособности ВВ.
10. Определение бризантности ВВ, силы взрыва.
11. Выводы по курсовой работе.
12. Список литературных источников.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Задание на курсовую работу

Задание на курсовую работу содержит исходные данные: химические формулы компонентов смесевго взрывчатого вещества и их процентное содержание, плотность заряда взрывчатого вещества и его диаметр, для которого требуется рассчитать параметры детонации.

2. Указания к выполнению курсовой работы

1. На начальном этапе самостоятельной работы студент работает с рекомендуемой литературой, определяет материал, необходимый для написания первого раздела курсовой работы. [1,2,3].

2. Определение условной формулы смеси ВВ ($C_a H_b O_c N_d$).

Выполняется расчет молярной массы каждого из компонентов смесевго взрывчатого вещества, число моль каждого компонента с учетом их процентного содержания в смесевом ВВ. Общая условная формула смесевго взрывчатого вещества:



где $X_{\text{моль}}$, $Y_{\text{моль}}$ - количество моль компонентов смесевго ВВ.

3. Расчет кислородного баланса смесевго ВВ. и кислородного коэффициента.

Кислородный баланс смесевго ВВ определяется из выражения:

$$КБ = \frac{\left(c - \left(2a + \frac{b}{2} \right) \right) \cdot M_{O_2}}{M_{ВВ}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где a - число атомов углерода, b - число атомов водорода, c - число атомов кислорода, а знаменатель - это молярная масса ВВ, г/моль.

Кислородный коэффициент:

$$K_{O_2} = \frac{c}{2a + b/2} \quad (2)$$

4. Составить приближенную реакцию взрывчатого превращения.

С учетом полученного значения кислородного баланса и кислородного коэффициента записывается реакция взрывчатого превращения в первом приближении с характерными для нее продуктами взрыва.

5. Расчет теплоты взрыва ВВ.

В основе расчета теплового эффекта взрывчатого превращения ВВ используется закон Гесса, основанный на первом начале термодинамики.

По известным значениям теплоты образования компонентов смесового ВВ и теплоты образования продуктов взрыва определяется тепловой эффект реакции:

$$Q_{ВЗР} = Q_{ПВ} - Q_{ОБР}, \quad (3)$$

где $Q_{ОБР}$ - теплота образования компонентов ВВ, рассчитывается по

формуле: $Q_{ОБР} = \sum_{i=1}^n (n_i \cdot Q_{ОБРi})$, для каждого i -го компонента ВВ,

$Q_{ПВ}$ - теплота газообразных продуктов взрыва.

Теплота взрыва при постоянном объеме определяется из выражения:

$$Q^V_{ВЗР} = Q^P_{ВЗР} + 0.572 \cdot n, \quad (4)$$

где n - количество моль газообразных продуктов взрыва.

6. Расчет скорости детонации ВВ.

В теоретических исследованиях процесса детонации ВВ принято, что плоский фронт детонационной волны, распространяясь по заряду, сжимает впереди лежащие слои взрывчатого вещества и вызывает их химическое превращение с образованием продуктов детонации. Такой гомогенный процесс детонации характерен для индивидуальных бризантных ВВ. типа гексоген, октоген, тротил и т.д.

Промышленные смесевые ВВ наряду с высокоактивными индивидуальными ВВ, взрывчатое превращение которых происходит с высокими скоростями (5000-7000 м/с), включают в себя вещества со слабовыраженными взрывчатыми свойствами (аммиачная селитра и натриевая селитра), разлагающиеся при детонации со скоростями в 3-5 раз меньше, чем мощные ВВ, а также невзрывчатые горючие добавки (порошок аммония, древесная мука, угольный, торфяной порошок, твердые и жидкие нефтепродукты).

Кроме того, в составе промышленных ВВ могут присутствовать инертные добавки, не принимающие участия в реакции химического превращения.

Очевидно, что механизм детонации многокомпонентных промышленных ВВ отличается от гомогенного и их взрывчатое превращение происходит в несколько стадий.

В общем виде скорость детонации ВВ определяется соотношением:

$$D = U + C, \quad (5)$$

где D – скорость детонации ВВ, м/с; U – массовая скорость продуктов детонации за ударным фронтом, м/с; C – местная скорость звука в продуктах детонации (ПД), м/с.

6.1 Методы расчета скорости детонации ВВ.

Для расчета скорости детонации используются различные приближенные методы, основанные на полуэмпирических уравнениях состояния продуктов детонации или на корреляционных зависимостях параметров детонации от каких либо известных свойств.

Для высокоплотных ВВ при расчете используется уравнение состояния продуктов взрыва в виде политропы:

$$PV^n = \text{const}, \quad (6)$$

где P – давление продуктов взрыва ВВ, Па; V – объем продуктов взрыва, м³; n – показатель политропы продуктов взрыва, зависящий от начальной плотности ВВ (табл. 1).

Показатель политропы можно рассчитать по формуле:

$$n = n_{1,5} + 0,4(\rho_0 - 1,5), \quad (7)$$

где n – показатель политропы при плотности смесового ВВ ρ_0 ; $n_{1,5}$ – показатель политропы при плотности смесового ВВ $1,5\text{г/м}^3$.

Таблица 1

| n | 1,3 | 1,6 | 2,2 | 2,8 | 3,0 | 3,2 | 3,4 |
|------------------------------|-----|------|-----|------|-----|------|------|
| Плотность ВВ, г/м^3 | 0,1 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,25 | 1,75 |

Показатель $n_{1,5}$ определяется по корреляционной зависимости:

$$n_{1,5} = \frac{3,5 \cdot a_{\text{cm}} + k_2 \cdot b_{\text{cm}} + 4,8 \cdot c_{\text{cm}} + 36 \cdot d_{\text{cm}}}{0,1 \cdot M_{\text{cm}}}, \quad (8)$$

где $k_2 = -0,5$ при условии, что доля водорода в составе взрывчатого вещества составляет: $\frac{M_{\text{H}_2\text{cm}}}{M_{\text{cm}}} \cdot 100\% \leq 5,8\%$; и $k_2 = 0,5$ при условии,

что доля водорода в составе взрывчатого вещества составляет: $\frac{M_{\text{H}_2\text{cm}}}{M_{\text{cm}}} \cdot 100\% > 5,8\%$.

6.2 Расчет скорости детонации через показатель политропы, теплоту взрыва при постоянном объеме:

$$D = 31,56 \cdot \sqrt{(n^2 - 1) \cdot Q_{\text{ВЗР}}^{\text{V}}}. \quad (9)$$

Полученная для газов зависимость дает завышенные значения для конденсированных (твердых) ВВ. Для приближенной оценки скорости детонации можно воспользоваться выражением:

$$D = D'_{\text{эт}} \sqrt{\frac{Q_{\text{ВВ}}}{Q_{\text{эт}}}}, \quad (10)$$

где D – скорость детонации ВВ, м/с; $D'_{\text{эт}}$ – скорость детонации эталонного ВВ при соответствующей плотности заряжения, м/с; $Q_{\text{ВВ}}$ – тепло та взрыва ВВ, КДж/кг; $Q_{\text{эт}}$ – теплота взрыва эталонного ВВ, КДж/кг.

Для справки: скорость детонации эталонного ВВ (аммонит №6ЖВ) равна 3600 м/с при плотности заряжения 1 г/см^3 , пересчитывается с учетом реальной плотности заряда ВВ по формуле:

$$D'_{\text{эт}} = D_{\text{эт}} + 3500 \cdot (\rho - 1), \quad (11)$$

где ρ - плотность заряжения ВВ, г/см³.

6.3 Расчет наименьшей (стационарной) скорости детонации (по методике Я.Б. Зельдовича) в точке Чемпена-Жуге:

$$D = V_0 \cdot \sqrt{\frac{P_H}{V_0 - V_H}}, \quad (12)$$

где D - скорость детонации, м/с; $V_0 = \frac{1}{\rho_0}$ - начальный удельный

объем ВВ, см³/г; $V_H = \frac{n}{n+1} V_0$ - конечный удельный объем, см³/г;

P_H - давление во фронте детонационной волны, дин/см².

Давление во фронте детонационной волны определяется из системы уравнений:

$$\begin{cases} T_H = 4,8 \cdot 10^{-8} \cdot P_H \cdot V_H \cdot (V_H - 0,2) \cdot M_{\text{ср}} \cdot \text{°K} \\ (\sum n_i C_{vi}) \cdot (T_H - 300) + f(P_H) = \left[Q_{\text{ВЗР}}^V + \frac{P_H \cdot (V_0 - V_H)}{2 \cdot 4,18 \cdot 10^{10}} \right] \cdot M_{\text{ср}} \end{cases}, \quad (13)$$

где $f(P_H) = 30 \cdot (\lg P_H - 12,65)$; $M_{\text{ср}} = \frac{M_{\text{ВВ}}}{\sum n_i}$; n_i - число молей про-

дуктов взрыва; $M_{\text{ВВ}}$ - молярная масса ВВ, г; $Q_{\text{ВЗР}}^V$ - теплота взрыва, ккал/кг; C_{vi} - средняя молярная теплоемкость i -го ПВ в интервалах температур 300°K- T_H .

6.4 Расчет идеальной скорости детонации

Идеальная скорость детонации (максимально возможная при заданной плотности ВВ) определяется по формуле:

$$D_{\text{ид}} = 2641 + 3,231 \cdot \rho_0 \sqrt{w} \quad (14)$$

где ρ_0 - плотность ВВ, г/см³; w - характеристическое произведение теплоты взрыва на объем ПВ.

7. Расчет детонационного давления (давления в точке Чемпена - Жуге).

Величину детонационного давления можно определить из выражения:

$$P_H = \frac{\rho \cdot D^2}{n + 1} \cdot 10^{-3}. \quad (15)$$

Давление во фронте ударной волны связано с ее скоростью и массовой скоростью соотношением:

$$P_H = \rho \cdot D \cdot U. \quad (16)$$

Отсюда массовая скорость продуктов детонации на задней границе зоны химической реакции, определяется из выражения:

$$U = \frac{P_H}{\rho \cdot D} \cdot 10^{-3}. \quad (17)$$

Массовую скорость можно также определить из уравнения:

$$P_H = 1596 + 9,378 \cdot 10^{-3} \cdot \rho^2 \cdot w. \quad (18)$$

Показатель политропы можно определить из выражения:

$$n = \frac{D}{U} - 1. \quad (19)$$

8. Скорость звука в продуктах детонации в зоне химической реакции:

$$C = D - U. \quad (20)$$

9. Плотность продуктов взрыва в детонационной волне:

$$\rho_H = \frac{n}{n + 1} \cdot \rho_0. \quad (21)$$

10. Объем среды на задней границе зоны химической реакции:

$$W = \frac{n}{n + 1} \cdot \frac{1}{\rho_0}. \quad (22)$$

11. Скорость разлета ПВ из поверхностного слоя заряда, направленная перпендикулярно к оси заряда:

$$C = \frac{2n \cdot D_{\text{ид}}}{n^2 + 1}. \quad (23)$$

12. Расчет теоретической работоспособности ВВ.

Теоретическую работоспособность ВВ при взрыве в воздухе можно определить из выражения:

$$A_n = Q_{\text{ВЗР}}^V \left[1 - \left(\frac{1}{P_H} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right], \quad (24)$$

где $n = \frac{C_p}{C_v}$; $P_H = \frac{\rho_0 \cdot D^2}{n + 1}$.

13. Определение КПД взрыва:

$$\eta = \frac{A_n}{Q_{\text{ВЗР}}^V} \quad (25)$$

14. Расчет бризантности ВВ.

Расчет данной характеристики выполняется в следующей последовательности:

- а) Определяется детонационное давление P_H .
- б) Рассчитывается импульс при отражении детонационной волны от стенки:

$$I = \frac{8}{27} \cdot m \cdot D, \quad (26)$$

где m – масса заряда ВВ, кг, $m = S \cdot \rho_0 \cdot l$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните разницу между химическим и физическим взрывом?
2. Какие основные признаки отличают процесс детонации от горения?
3. Механизм детонации ВВ. Какая последовательность явлений сопровождает детонацию ВВ?
4. Что такое волна сжатия и разряжения?

5. Поясните механизм возникновения ударной волны?
6. Что описывает адиабата Гюгонио?
7. Какие законы механики используются при расчете параметров ударной волны и волны разряжения?
8. Какова роль диффузии и теплопередачи в процессах горения и взрыва?
9. Чем определяется толщина фронта ударной волны?
10. Поясните условие Чепмена-Жуге?
11. Опишите порядок расчета параметров на фронте ударной волны?
12. Чем отличаются адиабата Гюгонио от адиабаты Пуассона?
13. Какие характеристики (величины) процесса детонации необходимо знать для определения параметров детонационной волны?
14. Что отражает поверхность Чепмена-Жуге?
15. Какими законами связаны параметры детонационной волны с исходными конденсированным ВВ?
16. Что позволяет рассчитать уравнение политропы?
17. Чем определяются критические условия распространения детонации конденсированных ВВ?
18. Как изменяется скорость детонации от диаметра заряда?
19. Как изменяется критический диаметр заряда от плотности и дисперсности ВВ?
20. Назовите два режима детонационного превращения ВВ?
21. Опишите механизм инициирования детонации ВВ при ударно-волновом воздействии?
22. Какая зависимость связывает температуру вспышки и период индукции?
23. Какая теория описывает чувствительность ВВ к удару?
24. Чем отличаются смесевые ВВ от обычных конденсированных ВВ?
25. Какой механизм описывает детонацию смесевых ВВ?
26. Как изменяется бризантность и скорость детонации смесевых ВВ от плотности?
27. Как изменяется критический диаметр смесевых ВВ от плотности?

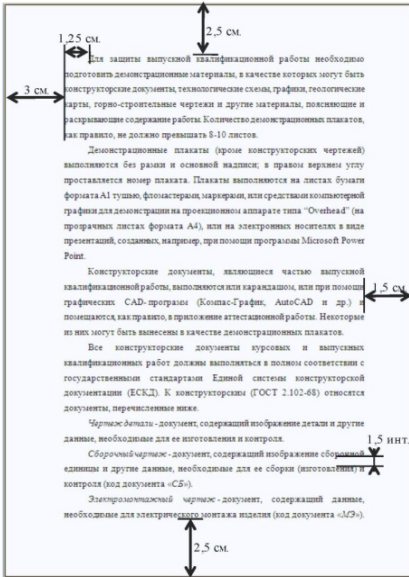
РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Авакян Г.А.* Расчет энергетических взрывчатых характеристик взрывчатых веществ. М., изд. ВИА им. Ф.Э. Дзержинского, 1904. 123 с.
2. *Котомин А.А.* Эмпирические методы расчета взрывчатых веществ и композиций. / *А.А. Котомин, С.А. Душок, А.С. Козлов* СПб.: Лань, 2020. 384 с.
4. *Дубнов Л.В.* Промышленные взрывчатые вещества. / *Л.В. Дубнов, Н.Р. Бахаревиц, А.И. Романов.* М.: Недра, 1988. 322с.
5. *Зельдович Я.Б.* Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука, 1980. 412 с.
6. *Кук М.А.* Наука о промышленных взрывчатых веществах. М.: Недра. 1980. 279 с.
7. *Орленко Л.П.* Физика взрыва и удара. М.: Физматлит, 2006. 220 с.
8. *Парамонов Г.П.* Теория детонации промышленных взрывчатых веществ. / *Г.П. Парамонов, В.Н. Ковалевский.* СПб, Санкт-Петербургский горный университет, 2018. 146 с.
9. *Юхансон К.* Детонация взрывчатых веществ. /*К. Юхансон, П.Персон.* М.:Мир, 1973 210с.

Требования к оформлению отчета по курсовой работе

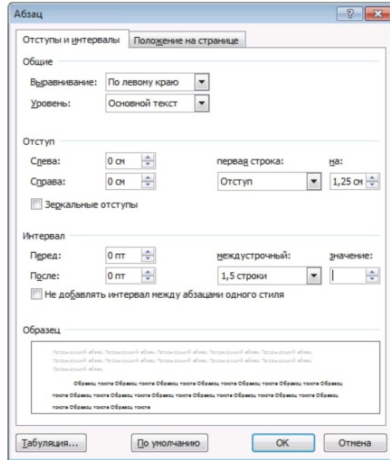
Текст и его размещение на странице

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

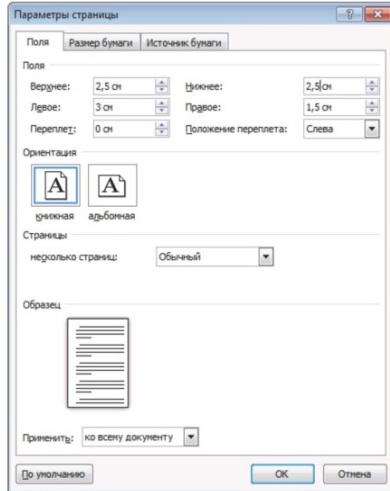


Основной шрифт текста в документе – Times New Roman, размер 14 пт, начертание обычное. Выравнивание текста, в основном – по ширине страницы. Междустрочные интервалы – полуторные.

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 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 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 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.

Опечатки и ошибки

Опечатки и графические неточности, обнаруженные после распечатки документа, допускается подчищать или закрасивать 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 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 от ср. ± | Среднее | Откл. от от ср. ± | Среднее | Откл. от от ср. ± | Среднее | Откл. от 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 (10% - 40 %) | 24 | 2,8 | 6,6 | 1,1 | 8 | 3 | 0,14 | 0,026 |
| 3.1.Степень усреднения(в 2п.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 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 (10% - 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:

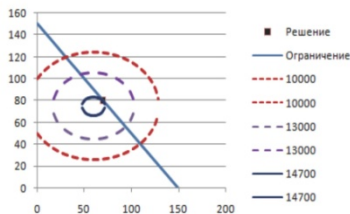
«Максимум среднего содержания ильменорутыла достигается в миланократовых гранитах (таблица 5.1)...»

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.



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.

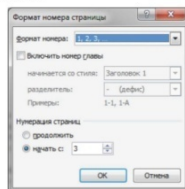


Рисунок 3 – Окно формата номера страницы Microsoft Word

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 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 3 |
| Организация курсовой работы | 4 |
| Методические рекомендации по выполнению основных разделов курсовой работы | 5 |
| Контрольные вопросы..... | 11 |
| Рекомендательный библиографический список..... | 13 |
| Приложение А..... | 14 |

ТЕОРИЯ ДЕТОНАЦИИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *В.Н. Ковалевский, А.В. Мысин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
взрывного дела

Ответственный за выпуск *В.Н. Ковалевский*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 14.12.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,1. Усл.кр.-отт. 1,1. Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 50 экз. Заказ 1130.

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