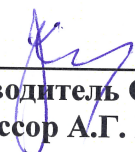


ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**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**

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ

Уровень высшего образования:	Подготовка кадров высшей квалификации
Направление подготовки:	21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых
Направленность (профиль):	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
Форма обучения:	очная
Нормативный срок обучения:	4 года
Составитель:	к.т.н., доц. В.Н. Ковалевский

Санкт-Петербург

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»**

Кафедра взрывного дела

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ

*Методические указания к самостоятельной работе
для аспирантов направления подготовки
21.06.01 «Геология, разведка и разработка полезных ископаемых»
направленности (профиля) «Геомеханика, разрушение горных
пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»*

**Санкт-Петербург
2019**

Физические процессы взрывного разрушения. Методические указания к самостоятельной работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.Н. Ковалевский*. СПб, 2019. 13 с.

Методические указания предназначены для оказания помощи аспиранту при выполнении самостоятельной работы. Они включают задания для самостоятельной работы по дисциплине «Физические процессы взрывного разрушения», темы для изучения дисциплины с использованием различных источников, список рекомендуемой литературы, контрольные вопросы для самопроверки.

Методические указания предназначены для аспирантов направления подготовки 21.06.01 «Геология, разведка и разработка полезных ископаемых», направленности (профиля) «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Научный редактор, заведующий кафедрой *О.И Казанин*

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Задания к самостоятельной работе.....	4
Рекомендации к написанию реферата.....	5
Примерный перечень тем для написания реферата:.....	6
Самостоятельное изучение дополнительных материалов.....	6
Тематики разделов дисциплины, рекомендуемые к изучению:.....	7
Рекомендуемая литература и источники в сети Интернет:.....	8
Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы:.....	9
Контрольные вопросы для самопроверки:.....	11

ВВЕДЕНИЕ

Изучение дисциплины «Физические процессы взрывного разрушения» предполагает формирование у аспирантов базовых знаний и современных представлений о особенностях физики разрушения горных пород в различных условиях при ведении взрывных работ; а также подготовку теоретической базы аспирантов для последующего изучения техники и технологий взрывных работ при разработке месторождений подземным способом, физики взрыва, взрывных работ в строительстве, специальных взрывных технологий, методов ведения взрывных работ; а также научного стиля мышления, умения ориентироваться в потоке научной и технической информации и применять в будущей научно-исследовательской и проектно-производственной деятельности физические методы исследования. В процессе изучения дисциплины аспиранты выполняют ряд практических заданий, которые составляют основу 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 занятиям и с целью дальнейшей успешной сдачи экзамена.

ЗАДАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Самостоятельная работа – обязательная и неотъемлемая часть учебной работы аспиранта, 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 «Физические процессы взрывного разрушения» включает подготовку к практическим занятиям, а также изучение дополнительных материалов.

РЕКОМЕНДАЦИИ К НАПИСАНИЮ РЕФЕРАТА

Написание реферата является неотъемлемой частью самостоятельной работы обучающихся. Основная цель написания реферата и его защиты – продемонстрировать навыки и умения по сбору нужной информации, по анализу прочитанных источников, а также способностей по формулированию важных выводов и их презентации.

Содержание реферата состоит из введения, теоретических основ (в том числе различных теорий, гипотез и, возможно, постулатов и выводов из трудов различных научных школ), справочной информации, анализа, выводов и заключения. Иногда реферат дополняется графической частью, например, схемами рассматриваемых установок, блок-схемами рассматриваемых алгоритмов или графическим представлением изучаемых закономерностей.

Реферирование научной информации в изучаемых источниках, зачастую, носит научно-исследовательскую цель: например, обобщить рассматриваемую подборку информации, выделить общее и найти отличия, скомпилировать собственное мнение по изучаемой проблематике и наметить дальнейшие задачи либо по усовершенствованию известных методов и технологий, либо с целью создания новых. Существенное внимание следует уделять анализу актуальности рассматриваемых проблем, особенно в свете их решения современными методами и технологиями; а также желательно указать на производственные проблемы, которые так и не решены, либо решаются с определенными неблагоприятными компромиссами.

Примерный перечень тем для написания реферата:

1. Процессы передачи энергии взрыва в породный массив.
2. Особенности дробления горной породы вблизи взрывной скважины.
3. Управление качеством взрывоподготовки горной массы путем выбора конструкции заряда.
4. Формирование и распространение сейсмических и воздушных ударных волн при взрыве скважинных зарядов.
5. Связь между характеристиками гранулометрического состава горной массы и параметрами буровзрывных работ

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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.

Тематики разделов дисциплины, рекомендуемые к изучению:

I. Разрушение горных пород при камуфлетном взрыве сосредоточенного и удлиненного зарядов в малотрещиноватой породе

1. Закономерности механизма действия камуфлетного взрыва сосредоточенного заряда ВВ на ГП.
2. Дробление ГП в ближней зоне действия взрыва.
3. Распределение напряжений и скоростей частиц ГП в бризантной зоне. Влияние трещиноватости.
4. Квазистатическая стадия действия взрыва заряда ВВ на ГП.
5. Формирование волновых процессов в ГП при камуфлетном взрыве сосредоточенного и удлиненного зарядов.

II. Разрушение горных пород при одновременном взрыве нескольких удлиненных зарядов в малотрещиноватой породе

1. Суперпозиция взрывных волн в ГП при одновременном взрыве нескольких удлиненных зарядов ВВ.
2. Процессы разрушения горных пород при одновременном взрывании нескольких промышленных зарядов ВВ.
3. Механизмы трещинообразования и типы трещин.
4. Динамика взрывного нагружения и энергонасыщение разрушаемого массива ГП.
5. Предразрушение вблизи свободных поверхностей.

III. Влияние трещиноватости на эффективность разрушения породы взрывом удлиненного заряда

1. Откольные явления при взрыве удлиненного заряда ВВ и взаимосвязь с ЛНС.
2. Стадии распространения взрывных волн в различных зонах трещинообразования при взрыве удлиненного заряда ВВ.
3. Механизм взаимодействия кусков ГП в трещиноватом массиве при взрыве удлиненного заряда ВВ.
4. Локализация энергии взрыва вблизи сдетонированного удлиненного заряда ВВ в трещиноватом массиве ГП.
5. Предпосылки к закономерному формированию грансостава разрушенной горной массы.

IV. Процессы разрушения пород при короткозамедленном взрывании удлиненных зарядов

1. Формирование поля напряжений при КЗВ удлиненных зарядов.
2. Влияние свободных поверхностей на процесс взрывного дробления ГП.
3. Механизмы и закономерности формирования грансостава разрушенной горной массы при КЗВ удлиненных зарядов.
4. Методы влияния на параметры грансостава.
5. Рекомендации по оптимизации взрывного дробления массива ГП.

Рекомендуемая литература и источники в сети Интернет:

1. *Гончаров С.А., Пащенко П.Н., Плотникова А.В.* Физика горных пород: физические явления и эффекты в практике горного производства: учебное пособие М., Горная книга, 2016. <https://e.lanbook.com/reader/book/93655/#1>

2. *Каркашадзе Г.Г.* Механическое разрушение горных пород. М., Горная книга, 2004. <https://e.lanbook.com/reader/book/3284/#3>

3. *Крюков Г.М.* Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании, М., Горная книга, 2006. <https://e.lanbook.com/reader/book/3285/#1>

4. *Кутузов Б.Н.* Разрушение горных пород взрывом [Электронный ресурс]: Учеб. Ч.II. Взрывные технологии в промышленности. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГГУ, 1994. - 448 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/1518/#1>

5. *Рахматулин Х.А.* Прочность и разрушение при кратковременных нагрузках [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ *Рахматулин Х.А.* – Электрон. текстовые данные.– М.: Логос, Университетская книга, 2008.– 619 с.– Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=9283>.– «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР», по паролю

6. *Глушак Б.Л.* Начала физики взрыва [Электронный ресурс]: Учебное издание/ *Глушак Б.Л.*– Электрон. текстовые данные.– Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2011.– 308 с.– Режим доступа:

<http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=60856>. – «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР», по паролю

7. *Бер А.А.* Буровзрывные работы. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие / *А.А. Бер, В.А. Шмурыгин, Л.М. Бер, К.М. Минаев*. – Электрон. дан. – Томск: ТПУ, 2016. – 132 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107733>.– Загл. с экрана.

8. *Совмен В.К.* Сейсмическая безопасность при взрывных работах [Электронный ресурс]: учебное пособие / *В.К. Совмен, Б.Н. Кутузов, А.Л. Марьясов, Б.В. Эквист*. – Электрон. дан. – Москва: Горная книга, 2012. – 228 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66461>. – Загл. с экрана.

9. *Розбах А.В.* Физика горных пород (физико-механические свойства): [учеб. пособие] / *А.В. Розбах, А.Н. Холодилов, Г.И. Коришунов*. – СПб. : МАНЭБ, 2009. – 272 с.

10. *Боровиков В.А., Ванягин И.Ф., Менжулин М.Г., Цирель С.В.* Волны напряжений в обводненном трещиноватом массиве. Л., ЛГИ, 1989.

11. *Макарьев В.П.* Статистические модели взрывного разрушения и методы исследования кусковатости. Л., ЛГИ, 1981.

12. *Нефедов М.А.* Направленное разрушение горных пород взрывом. СПб, СПГУ, 1992.

13. *Парамонов Г.П.* Предупреждение взрывов сульфидной пыли на колчеданных рудниках. СПб, СПГИ(ТУ), 1999.

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/

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.
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:

1. Как определяется выбор диаметра скважин по отношению к высоте уступа?
2. Что такое удельный расход ВВ и как он связан с высотой уступа?
3. Что такое акустическая жесткость ГП и как её учитывают в технологиях взрывных работ?
4. Что такое синтезированный критерий эффективности взрыва ВВ?
5. Как определяется мощность взрыва и как она зависит от удельной теплоты взрыва?
6. В каких пределах находится скорость детонации современных ВВ?
7. Что такое удельная потенциальная энергия взрывного разрушения?
8. В чем заключается суть основных постулатов теории разрушения Гриффитса?
9. Чем определяется потенциальная энергия упругого тела, сдерживающая трещину?
10. Что такое критическое напряжение? Какова связь его с модулем упругости и коэффициентом Пуассона?
11. Как влияет линейный размер тела на критические напряжения?
12. Что собой представляет область концентрации напряжений при нагрузках у вершины трещины?
13. Что собой представляет «Теория квазихрупкого разрушения»?
14. Как определяется энергия диссипации при трещинообразовании?
15. В чем заключается условие достижения критического числа микротрещин?
16. Укажите критерии хрупкого и вязкого разрушений. От чего зависит хрупкость разрушаемого материала?
17. Как ориентировано развитие трещин при хрупком разрушении, при вязком разрушении?
18. Чем определяется характер изменения скорости роста трещин во времени?
19. Что такое явление крипа? Что такое аттрактор и «дерево» Кейли?

20. Как определяется вероятность встречи активных и пассивных трещин?
21. Может ли происходить трещинообразование в виде цепной реакции типа горного удара? Если да, то в каких случаях?
22. Что собой представляют критерии сейсмической опасности?
23. Каким образом можно учесть время действия взрывной волны при определении скорости трещинообразования?
24. Как отличаются значения скорости трещинообразования поперек слоистости ГП и вдоль, например, в апатит-нефелиновых породах?
25. Назовите основные факторы действия взрыва, формирующие известные зоны трещинообразования.
26. Укажите зоны распространения ударной волны, волн сжатия и сейсмических волн в массиве ГП при взрыве заряда ВВ.
27. Что такое критическая скорость разрушения? Как она связана с удельной работой разрушения?
28. Как определяется пластичность ГП?
29. Что собой представляют зона дробления, зона нарушения, зона сотрясений, зона естественного состояния?
30. Как происходит распределение скорости продольных волн во взорванном массиве?
31. Как определяются разрушающие напряжения в характерных зонах действия взрыва?
32. Укажите основные стадии действия взрыва. В какой момент нарушается связь волны купола с окружающим массивом?
33. Назовите основные параметры взрывного нагружения ГП.
34. Как определяется импульс давления при взрыве заряда ВВ?
35. Как определяется давление на фронте ударной волны?
36. Чем обусловлены параметры взрывных волн на границе раздела ВВ-ГП?
37. Как используются законы акустики при исследовании падения детонационных волн на плоскость разрушаемой среды?
38. Каким образом учитывается затухание волны с расстоянием от заряда ВВ не сферической формы?
39. За счет чего формируется поле напряжений при взрыве удлиненного заряда ВВ?