

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
доцент **О.И. Казанин**

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ ДЕТОНАЦИИ И ХИМИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Уровень высшего образования:	Специалитет
Специальность:	21.05.04 Горное дело
Направленность (профиль):	Взрывное дело
Квалификация выпускника:	горный инженер (специалист)
Форма обучения:	очная
Составитель:	доцент Хохлов С. В.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Теория детонации и химия взрывчатых веществ»
разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО - специалитет по специальности «21.05.04 Горное дело», утвержденного приказом Минобрнауки России № 987 от 12.08.2020 г.;
- на основании учебного плана специалитета по специальности 21.05.04 «Горное дело» направленность (профиль) «Взрывное дело».

Составитель _____ к.т.н., доц. Хохлов С. В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Взрывное дело» от 31.01.2022г., протокол № 8.

Заведующий кафедрой _____ д.т.н. Казанин О.И.

Рабочая программа согласована:

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса _____ к.т.н. Иванова П.В.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Теория детонации и химия взрывчатых веществ» является обучение студента принципам и методам расчёта параметров детонации промышленных взрывчатых веществ, ознакомление с факторами, влияющими на детонационные характеристики.

Основные задачи дисциплины:

- изучение процесса детонации как динамическое явление;
- изучение факторов, влияющих на детонационные характеристики взрывчатых веществ;
- освоение математического аппарата расчёта детонации газовых взрывчатых смесей и промышленных взрывчатых веществ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теория детонации и химия взрывчатых веществ» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы по специальности 21.05.04 «Горное дело» и изучается в 6, 7 семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Теория детонации и химия взрывчатых веществ» являются «Химия», «Физика», «Введение в специальность».

Дисциплина «Теория детонации и химия взрывчатых веществ» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Промышленные взрывчатые вещества и средства инициирования», «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании», «Технология и безопасность взрывных работ».

Особенностью дисциплины является применение различных математических методов расчёта параметров детонации промышленных взрывчатых веществ.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Теория детонации и химия взрывчатых веществ» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способность проводить технико-экономическую оценку решений при производстве буровых и взрывных работ и работ со взрывчатыми материалами, реализовывать в практической деятельности предложения по совершенствованию техники и технологии производства буровзрывных работ, по внедрению новейших средств механизации, процессов и технологий, использовать	ПКС-7	ПКС-7.1. Знать химические формулы, химические и физические свойства основных типов взрывчатых веществ, их технико-экономические показатели; новейшие средства механизации, процессы и технологии производства буровых и взрывных работ; научно-технические достижения в соответствующей отрасли производства и опыт передовых предприятий
		ПКС-7.2. Уметь рассчитывать параметры превращения взрывчатых веществ при взрыве и анализировать результаты производства взрывных работ; реализовывать в практической деятельности предложения по совершенствованию техники и технологии

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
информационные технологии для выбора рациональных технологических и безопасных параметров ведения буровзрывных работ		производства буровзрывных работ, по внедрению новейших средств механизации процессов и технологий в области взрывного дела; контролировать эффективное использование основных и оборотных средств, трудовых ресурсов для выполнения плановых показателей
		ПКС-7.3. Владеть методами и методиками расчётов процессов взаимодействия продуктов взрыва взрывчатых веществ с горными породами; современными средствами вычислительной техники (программными комплексами) при производстве взрывных работ, коммуникаций и связи, уверенной работой в специализированных программных пакетах
Способность осуществлять буровзрывные работы и контролировать качество и полноту выполнения буровзрывных работ при производстве горных, горно-строительных и специальных работ, при нефте- и газодобыче, сейсморазведке, а также в других отраслях промышленности	ПКС-8	<p>ПКС-8.1. Знать основные этапы буровзрывных работ в различных отраслях народного хозяйства; технические условия и другие руководящие материалы по разработке и оформлению производственной документации; порядок ведения учета выполнения производственного плана, оформления производственной документации по основным технико-экономическим показателям; технологические регламенты, методики ГОСТы, ОСТы, ИСО,СНиПы, СанПиНы и нормативную документацию, используемую при выполнении буровзрывных работ</p> <p>ПКС-8.2. Уметь реализовывать буровзрывные работы, контролировать качество и полноту выполнения работ; проводить анализ выполняемых работ, осуществлять поиск повышения экономической эффективности и оптимизации параметров буровзрывных работ; составлять отчетность о производственной деятельности по буровзрывным работам;</p> <p>ПКС-8.3. Владеть навыками выполнения и реализации буровзрывных работ;</p>

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 6 зачётных единиц, 216 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам		
		6	7	
Аудиторная работа, в том числе:	100	32	68	
Лекции (Л)	50	16	34	
Практические занятия (ПЗ)	50	16	34	
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	116	58	58	
Подготовка к практическим занятиям	48	14	34	
Выполнение курсовой работы	20	20	-	
Работа в библиотеке	27	15	12	
Подготовка к зачету / дифф. зачету	21	9	12	
Промежуточная аттестация — дифф. зачет (ДЗ), зачет (З), курсовая работа (КР)		3, КР	ДЗ	
Общая трудоёмкость дисциплины				
	ак. час.	216	90	126
	зач. ед.	6	2,5	3,5

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
Раздел 1 «Химические и термохимические процессы при взрыве»	31	6	10	-	15
Раздел 2 «Основные взрывчатые характеристики»	29	8	6	-	15
Раздел 3 «Основные промышленные ВВ»	18	2	-	-	15
Раздел 4 «Основные закономерности детонации»	19	4	-	-	15
Раздел 5 «Процессы горения ВВ»	20	6	4	-	10
Раздел 6 «Детонационный процесс в газовых взрывчатых смесях»	31	8	8		15
Раздел 7 «Детонационный процесс в конденсированных ВВ»	32	8	8		16
Раздел 8 «Детонация зарядов при разных внешних условиях»	36	8	14	-	15
Итого:	216	50	50	-	116

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Химические и термохимические процессы при взрыве	ВВ как химическая система. Явление взрыва. Основные виды превращения взрывчатых систем. Экспресс-метод написания реакций взрывчатого превращения для расчёта теплоты взрыва. Метод расчёта теплоты взрыва без написания реакции взрывчатого превращения (метод Авакяна).	6
2	Основные взрывчатые характеристики	Объём газообразных продуктов взрыва, температуры и давление взрыва. Теоретический расчёт продуктов взрывчатого превращения.	8
3	Основные промышленные ВВ	Классификация взрывчатых веществ. Характеристики ВВ типа «АС-ДТ». Эмульсионные взрывчатые вещества.	2
Итого за 6 семестр:			16
4	Основные закономерности детонации	Явление взрыва. Классификация взрывных процессов. Общая характеристика механизмов горения и детонации. Элементы ударно-волновой теории возникновения детонации.	4
5	Процессы горения ВВ	Общая характеристика процесса горения. Механизм горения ВВ. Физическое обоснование деления ВВ на инициирующие, бризантные и пороха.	6
6	Детонационный процесс в газовых взрывчатых смесях	Общие представления о детонационных волнах. Гидродинамическая теория детонации. Вычисление параметров детонационной волны для газовых смесей.	8
7	Детонационный процесс в конденсированных ВВ	Теория детонации конденсированных ВВ. Критические условия распространения детонации. Возбуждение детонации. Чувствительность ВВ к различным воздействиям.	8
8	Детонация зарядов при разных внешних условиях	Особенности детонации смесевых взрывчатых веществ. Механизм и кинетика детонации смесевых ВВ. Расчёт параметров детонации при различных диаметрах заряда.	8
Итого за 7 семестр:			34
Итого:			50

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Определение теплоты взрыва промышленного ВВ, определение температуры взрыва промышленного ВВ.	10
2	Раздел 2	Определение состава конечных продуктов взрыва промышленного ВВ.	6
Итого за 6 семестр:			16
5	Раздел 5	Расчет и построение ударной адиабаты для конденсированных ВВ.	4
6	Раздел 6	Составление химического уравнения и расчет теплоты взрыва, объема ПВ, давления ПВ при горении и взрыве пылегазовых смесей и промышленных ВВ.	8

7	Раздел 7	Расчет температуры продуктов взрыва взрывчатых веществ различных составов.	8
8	Раздел 8	Расчет параметров детонации и законов энерговыделения при взрыве смесевых ВВ с высокоэнергетическими добавками и флегматизаторами.	14
Итого за 7 семестр:			34
Итого:			50

4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

№ п/п	Темы курсовых работ
1	Расчёт основных взрывчатых детонационных характеристик вновь синтезируемых и современных взрывчатых веществ.
2	Расчет оптимальной концентрации компонентного состава ВВ для получения максимальной теплоты взрыва.
3	Оценка влияния флегматизаторов в составе ВВ на скорость детонации.
4	Оценка влияния сенсibilизаторов в составе ВВ на скорость детонации.
5	Определение оптимального компонентного состава ВВ для получения максимального объёма продуктов взрыва.
6	Выбор и обоснование типа ВВ в зависимости от физико-механических свойств разрушаемых горных пород.
7	Определение оптимального компонентного состава ВВ для получения минимального образования ядовитых газов в составе продуктов взрыва.
8	Определение оптимального компонентного состава ВВ для получения максимального давления продуктов взрыва.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне *дифф.зачета/зачета*) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

Курсовая работа позволяет обучающимся развить навыки научного поиска.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля

успеваемости

Раздел 1 Химические и термохимические процессы при взрыве.

1. Дать определение понятиям «Взрыв», «Взрывчатое вещество».
2. Назвать основные виды взрывчатого превращения.
3. Назвать три условия протекания химического взрыва.
4. Описать три основные термодинамические характеристики ВВ.
5. Чем является закон Гесса по отношению к первому закону термодинамики?

Раздел 2. Основные взрывчатые характеристики ВВ.

1. На основании какого закона рассчитывается объём газообразных продуктов взрыва?
2. Рассчитать объём газообразных продуктов взрыва для тротила.
3. Рассчитать температуру взрыва для гексогена.
4. Рассчитать состав продуктов взрыва, теплоту взрыва, объём и температуру смеси индустриального масла (6 %) с аммиачной селитрой (94 %).
5. Что значит коэффициент α в уравнении Ван-дер-Ваальса?

Раздел 3. Основные типы промышленных взрывчатых веществ.

1. Назовите четыре основных этапа развития ВВ.
2. Какой материал Альфред Нобель предложил использовать в качестве наполнителя для нитроглицерина?
3. Приведите примеры ВВ для каждой группы ВВ по физическому состоянию.
4. К какой группе по количеству компонентов относится тротил?
5. Какой окислитель чаще всего применяется в составе ВВ?

Раздел 4. Основные закономерности детонации.

1. Явление взрыва, классификация взрывных процессов.
2. Детонация ВВ.
3. Общая характеристика и основные закономерности.
4. Основы теории горения и детонации ВВ.
5. Понятие об ударной волне.

Раздел 5. Процессы горения ВВ.

1. Влияние плотности ВВ на возможность горения.
2. Закономерности послойного горения пористых систем.
3. Переход горения в детонацию.
4. Закономерности послойного горения пористых систем.
5. Основные представления о механизме воспламенения.

Раздел 6. Детонационный процесс в газовых взрывчатых смесях.

1. Назовите основные уравнения для расчёта параметров детонации.
2. В чём суть адиабаты Гюгонио?
3. В какой точке детонация стационарна?
4. По какой формуле можно определить скорость детонации?
5. Опишите структуру детонационной волны.

Раздел 7. Детонационный процесс в конденсированных ВВ.

1. Какие критические условия распространения детонации?
2. Что такое критический диаметр заряда?
3. Какими способами можно возбудить процесс детонации в ВВ?
4. Как рассчитать скорость детонации для конденсированных ВВ?
5. Как определяется чувствительность ВВ к механическим воздействиям?

Раздел 8. Детонация зарядов при разных внешних условиях.

1. Как зависит критический диаметр от времени реакции и ширины зоны реакции?
2. Как изменяется время реакции и ширина зоны реакции у промышленных ВВ при увеличении плотности?

3. Как отличается скорость детонации гранулированных ВВ при их взрывании в мягких и скальных грунтах?
4. Как можно рассчитать скорость детонации в неидеальном режиме?
5. Как рассчитывается приращение скорости детонации?
6. Как влияет прочность окружающей ВВ среды на критический диаметр?

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета, дифф.зачета)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету, дифф.зачету (по дисциплине):

1. Взрывчатое вещество как химическая система.
2. Реакция водяного газа $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2 + 41,24 \text{ кДж}$ – является обратимой реакцией и константа равновесия K_p определяется по формуле?
3. В каких пределах изменяется скорость дефлаграционного горения?
4. По какой формуле определяется работа, совершаемая химической реакцией при постоянном давлении?
5. Какому взрывчатому веществу соответствует формула $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$?
6. Какой наиболее точный метод позволяет определить состав продуктов взрыва, теплоту взрыва и другие термодинамические характеристики ВВ?
7. Как считаются объёмы продуктов взрыва?
8. Какое условие должно выполняться при протекании реакции в форме взрыва?
9. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса.
10. Зависимость теплового эффекта (теплоты) реакции от температуры.
11. Роль диффузии и теплопередачи в процессах горения.
12. Температура взрыва и её значение для реакции взрывчатого превращения вещества?
13. Теоретические схемы определения температуры взрыва.
14. Расчёт температуры взрыва по уравнению разложений.
15. Основные принципы расчёта газообразных продуктов взрыва.
16. Теоретический расчёт состава продуктов взрывчатого превращения.
17. Средняя теплоёмкость всех продуктов взрыва при постоянном объёме C_v описывается приближённо зависимостью вида?
18. При расчёте температуры продуктов взрыва в основе вычисления лежит предположение, что взрыв есть?
19. Укажите размерность средней теплоёмкости C_v продуктов взрыва.
20. По какой формуле определяется объём V_0 продуктов взрыва?
21. Основные принципы расчёта объёма газообразных продуктов взрыва.
22. Теоретический расчёт состава продуктов взрывчатого превращения.
23. Для инженерных расчётов величины давления продуктов взрыва используется уравнение состояния реального газа Ван-Дер-Ваальса, напишите его?
24. Как изменяется объём продуктов взрыва при увеличении содержания в составе NaCl ?
25. Основные понятия о взрывчатых веществах.
26. Явление взрыва, классификация взрывных процессов.
27. Основные виды взрывчатого превращения.
28. Классификация взрывчатых веществ по химическому составу.
29. Химические и физические свойства основных типов взрывчатых веществ.
30. Основные химические процессы и технологии получения взрывчатых веществ типа химических соединений.
31. Способы и технологии изменения свойств, энергетических характеристик взрывчатых веществ.

6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету, дифф.зачету

Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Какая химическая система, состоящая из представленных названий веществ, является ВВ:	1. окислитель, пламегаситель, флегматизатор; 2. окислитель, флегматизатор; 3. окислитель, горючее, сенсibilизатор; 4. горючее, сенсibilизатор, флегматизатор.
2.	Какое выделение энергии при взрывном процессе широко используется в горном деле?	1. ядерной; 2. химической; 3. тепловой; 4. кинетической.
3.	Что такое взрывчатое превращение вещества?	1. быстрое химическое превращение вещества с выделением тепла и образованием газов; 2. быстрое химическое превращение вещества с выделением тепловой энергии; 3. быстрое химическое превращение вещества с образованием газов; 4. быстрое химическое превращение вещества с формированием ударно-воздушной волны.
4.	Могут ли обладать вещества взрывчатыми свойствами при эндотермической реакции?	1. да; 2. нет; 3. да, при наличии мощного внешнего теплового воздействия; 4. да, при наличии высокого давления в камере.
5.	Чем отличается взрыв от детонации?	1. резким скачком давления в узкой зоне распространения процесса; 2. высокой температурой в зоне реакции; 3. значительно большим выделением продуктов взрыва; 4. резким скачком давления с переменной скоростью распространения процесса.
6.	Температура газов в очаге взрыва различных ВВ достигает:	1. 500-700 °С; 2. 1900-4500 °С; 3. около 100000 °С; 4. 200 °С.
7.	Какой объём газов выделяется при взрыве 1 кг ВВ:	1. 100 л; 2. 5000 л; 3. 800-1000 л; 4. 200-400 л.
8.	Величина давления газообразных продуктов взрыва достигает порядка:	1. 104 Па; 2. 106 Па; 3. 109 Па; 4. 102 Па.
9.	Какое условие должно выполняться при протекании реакции в форме взрыва:	1. теплоприход больше теплоотвода; 2. теплоприход меньше теплоотвода; 3. теплоприход равен теплоотводу; 4. не зависит от теплоприхода и теплоотвода.
10.	Какой оксид азота выделяется при взрывании ВВ второй группы:	1. NO; 2. NO ₂ ; 3. N ₂ O ₅ ; 4. оксиды азота не выделяются.
11.	Теплоёмкость при постоянном объёме рассчитывается по формуле:	1. $C_v = at+bt$; 2. $C_v = at+b$;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		3. $Cv = a+bt$; 4. $C_{\text{тв}}v = a+bt$.
12.	Температуру взрыва можно рассчитать, зная:	1. теплоту взрыва; 2. давление газообразных продуктов взрыва; 3. объём газообразных продуктов взрыва; 4. скорость детонации.
13.	Кислородный баланс аммиачной селитры составляет:	1. +75; 2. -50; 3. +20; 4. 0.
14.	Динамит – это:	1. эмульсионное взрывчатое вещество; 2. водосодержащее взрывчатое вещество; 3. смесь кизельгура с нитроглицерином; 4. индивидуальное взрывчатое вещество.
15.	Скорость детонации ЭВВ составляет:	1. 5-6 км/с; 2. 2-3 км/с; 3. 15-20 км/с; 4. 100 км/с.
16.	Смесительно-зарядные машины используются для заряжания:	1. гранулированных ВВ; 2. индивидуальных ВВ; 3. эмульсионных ВВ; 4. пороха.
17.	Для детонации заряда ВВ используют:	1. бризантные ВВ; 2. инициирующие ВВ; 3. эмульсионные ВВ; 4. ВВ типа «Сларри».
18.	К инициирующим ВВ относится:	1. черный порох; 2. тротил; 3. аммиачная селитра; 4. азид свинца.
19.	Как тип ВВ чаще всего используется при взрывных работах на карьерах?	1. водосодержащие ВВ; 2. гранулированные ВВ; 3. пороха; 4. эмульсионные ВВ.
20.	Кривая Гюгонии изображается в виде диаграммы в координатах:	1. «температура-плотность»; 2. «температура-объём»; 3. «объём-давление»; 4. «давление-температура».

Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	При изменении внешнего давления в воздухе скорость детонации:	1. Остаётся постоянной; 2. Увеличивается; 3. Уменьшается по экспоненте; 4. Увеличивается по экспоненте;
2.	Ударная волна идвигающаяся за ней зона химической реакции называется:	1. Волна разрежения; 2. Волна сжатия; 3. Детонационная волна; 4. Волна возмущения.
3.	Кривая Гюгонии это:	1. Геометрическое место точек на графике «температура-объём», достижимых путем ударного сжатия из данного начального состояния;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		2. Геометрическое место точек на графике «масса-объём», достижимых путем ударного сжатия из данного начального состояния; 3. Геометрическое место точек на графике «объём-давление», достижимых путем ударного сжатия из данного начального состояния; 4. Геометрическое место точек на графике «температура-давление», достижимых путем ударного сжатия из данного начального состояния.
4.	При стационарном горении давление над горящим ВВ меняется:	1. По экспоненте; 2. По логарифмическому закону; 3. По линейному закону; 4. По параболе;
5.	Массовая скорость горения пороха при увеличении давления	1. Возрастает; 2. Уменьшается; 3. Остаётся постоянной; 4. Изменяется по логарифмическому закону.
6.	Скорость горения ВВ фотографическим методом определяется с помощью:	1. Фоторегистратора 2. СФР 3. Камеры «Пуск-16» 4. Осциллографа
7.	На переднем фронте ударной волны температура:	1. Не изменяется 2. Изменяется скачком 3. Изменяется в зависимости от внешних условий 4. Плавно возрастает
8.	Адибату продуктов взрыва называют.	1. адиабатой Джонсона 2. адиабатой Пауссона 3. адиабатой Гюгонио 4. адиабатой Питерсона
9.	Показатель политропы есть отношение:	1. Теплоёмкостей 2. Температур 3. Давлений 4. Объёмов
10.	Скорость детонации	1. выше скорости звука в 21/2 раза 2. ниже скорости звука в 3 раза 3. выше скорости звука 4. не зависит от скорости звука
11.	Вертикальный копер служит для определения:	1. чувствительность к удару; 2. чувствительность к трению; 3. чувствительность к резанию; 4. чувствительность к излому.
12.	Назовите два режима детонационного превращения взрывчатого вещества:	1. детонация, горение; 2. детонация, взрывное горение; 3. термическое разложение, взрыв; 4. взрыв, детонация.
13.	Скорость детонации D пропорциональна удельной теплоте взрыва q:	1. $2\sqrt{q}$ 2. $2\sqrt{q+k}$ 3. $\sqrt{q-k}$ 4. \sqrt{q}

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
14.	Как влияет предельный диаметр заряда на значение скорости детонации? Значение скорости детонации:	1. максимальное, приближается к идеальной; 2. не зависит от диаметра заряда; 3. минимальное; 4. снижается по линейному закону.
15.	При уменьшении размеров частиц заряда тротила его критический диаметр:	1. увеличивается; 2. остаётся постоянным; 3. уменьшается; 4. увеличивается по линейному закону.
16.	Возможен ли переход горения ВВ в детонацию при увеличении теплоприхода с сохранением теплоотвода?	1. Нет; 2. Да; 3. Да, если снизится давление; 4. Да, если снизится температура.
17.	Критический диаметр индивидуальных ВВ в первую очередь зависит от	1. ширины зоны химической реакции; 2. времени протекания реакции; 3. дисперсного состава; 4. Чувствительности к трению.
18.	Чем определяется механизм инициирования детонации ВВ?	1. ударно-волновым воздействием; 2. воздействием высокой температуры; 3. воздействием высокого давления; 4. скоростью горения взрывчатого вещества.
19.	Вещества, вводимые в состав ВВ для снижения температуры продуктов взрыва называются:	1. стабилизаторами; 2. катализаторами 3. сенсбилизаторами; 4. пламегасителями.
20.	Критический диаметр – это минимальный диаметр заряда ВВ, при котором	1. скорость детонации резко падает; 2. скорость детонации резко возрастает; 3. детонация еще устойчива; 4. детонация затухает.

Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Теплоёмкость при постоянном объёме рассчитывается по формуле:	1. $C_v = at+bt$; 2. $C_v = at+b$; 3. $C_v = a+b$; 4. $C_{\rightarrow v} = a+bt$.
2.	Температуру взрыва можно рассчитать, зная:	1. теплоту взрыва; 2. давление газообразных продуктов взрыва; 3. объём газообразных продуктов взрыва; 4. скорость детонации.
3.	Кислородный баланс аммиачной селитры составляет:	1. +75; 2. -50; 3. +20; 4. 0.
4.	Динамит – это:	1. эмульсионное взрывчатое вещество; 2. водосодержащее взрывчатое вещество; 3. смесь кизельгура с нитроглицерином; 4. индивидуальное взрывчатое вещество.
5.	Скорость детонации ЭВВ составляет:	1. 5-6 км/с; 2. 2-3 км/с; 3. 15-20 км/с; 4. 100 км/с.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
6.	При изменении внешнего давления в воздухе скорость детонации:	1. Остаётся постоянной; 2. Увеличивается; 3. Уменьшается по экспоненте; 4. Увеличивается по экспоненте;
7.	Ударная волна и двигающаяся за ней зона химической реакции называется:	1. Волна разрежения; 2. Волна сжатия; 3. Детонационная волна; 4. Волна возмущения.
8.	Кривая Гюгонио это:	1. Геометрическое место точек на графике «температура-объём», достижимых путем ударного сжатия из данного начального состояния; 2. Геометрическое место точек на графике «масса-объём», достижимых путем ударного сжатия из данного начального состояния; 3. Геометрическое место точек на графике «объём-давление», достижимых путем ударного сжатия из данного начального состояния; 4. Геометрическое место точек на графике «температура-давление», достижимых путем ударного сжатия из данного начального состояния.
9.	При стационарном горении давление над горящим ВВ меняется:	1. По экспоненте; 2. По логарифмическому закону; 3. По линейному закону; 4. По параболе;
10.	Массовая скорость горения пороха при увеличении давления	1. Возрастает; 2. Уменьшается; 3. Остаётся постоянной; 4. Изменяется по логарифмическому закону.
11.	Температура газов в очаге взрыва различных ВВ достигает:	1. 500-700 °С; 2. 1900-4500 °С; 3. около 100000 °С; 4. 200 °С.
12.	Какой объём газов выделяется при взрыве 1 кг ВВ:	1. 100 л; 2. 5000 л; 3. 800-1000 л; 4. 200-400 л.
13.	Величина давления газообразных продуктов взрыва достигает порядка:	1. 104 Па; 2. 106 Па; 3. 109 Па; 4. 102 Па.
14.	Какое условие должно выполняться при протекании реакции в форме взрыва:	1. теплоприход больше теплоотвода; 2. теплоприход меньше теплоотвода; 3. теплоприход равен теплоотводу; 4. не зависит от теплоприхода и теплоотвода.
15.	Какой оксид азота выделяется при взрывании ВВ второй группы:	1. NO; 2. NO ₂ ; 3. N ₂ O ₅ ; 4. оксиды азота не выделяются.
16.	Вертикальный копер служит для определения:	1. чувствительность к удару; 2. чувствительность к трению; 3. чувствительность к резанию; 4. чувствительность к излому.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
17.	Назовите два режима детонационного превращения взрывчатого вещества:	1. детонация, горение; 2. детонация, взрывное горение; 3. термическое разложение, взрыв; 4. взрыв, детонация.
18.	Скорость детонации D пропорциональна удельной теплоте взрыва q :	1. $2\sqrt{q}$ 2. $2\sqrt{q+k}$ 3. $\sqrt{q-k}$ 4. \sqrt{q}
19.	Как влияет предельный диаметр заряда на значение скорости детонации? Значение скорости детонации:	1. максимальное, приближается к идеальной; 2. не зависит от диаметра заряда; 3. минимальное; 4. снижается по линейному закону.
20.	При уменьшении размеров частиц заряда тротила его критический диаметр:	1. увеличивается; 2. остаётся постоянным; 3. уменьшается; 4. увеличивается по линейному закону.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий дифференцированного зачета:

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лекционных и практических занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

6.3.3. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсовой работы

Студент выполняет курсовую работу в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не выполнил курсовую работу в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы	Студент выполнил курсовую работу с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки	Студент выполнил курсовую работу с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины	Студент выполнил курсовую работу полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Кутузов Б.Н. Технологии и безопасность изготовления и применения ВВ на горных предприятиях / Б.Н. Кутузов, Г.А. Нишпал. – М.: Изд-во Горная книга, 2016. – 264 с.
2. Щукин Ю.Г. Промышленные взрывчатые вещества на основе утилизированных боеприпасов / Ю.Г. Щукин, Б.Н. Кутузов. – М.: Изд-во «Недра», 1998. – 283 с.
3. Дубнов Л.В. Промышленные взрывчатые вещества / Л.В. Дубнов, Н.С. Бахаревич, Л.И. Романов. – М.: Изд-во «Недра», 1998. – 301 с.
4. Баум Ф.А. Физика взрыва / Ф.А. Баум, К.П. Станюкевич, Б.И. Шехтер. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. – 801 с.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения»: Приказ Ростехнадзора от 3 дек. 2020 г. № 494. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573219717> 2.
2. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 2. Взрывные работы в горном деле и промышленности / Б.Н. Кутузов. – М.: МГГУ, 2008. – 451 с.

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине. <http://ior.spmi.ru/>

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. КонсультантПлюс: справочно-поисковая система [Электронный ресурс]. - www.consultant.ru/
3. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК": <http://www.geoinform.ru/>
4. Информационно-аналитический центр «Минерал»: <http://www.mineral.ru/>
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus»: <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
9. Портал «Гуманитарное образование» <http://www.humanities.edu.ru/>
10. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
11. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
12. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
13. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>
14. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
15. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»: www.biblio-online.ru.
16. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru/>
17. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>
18. Электронная версия научно-технического журнала «Горный информационно-аналитический бюллетень»: www.GIAB-online.ru

19. Международный информационный портал горнодобывающей промышленности: www.infomine.com
20. Информационный портал горнодобывающей промышленности РФ: www.russia.infomine.com
21. Специализированный научно-информационный портал «Горное дело»: www.gornoe-delo.ru
22. Глобальная он-лайн библиотека по горному делу и минеральным ресурсам: www.OneMine.org
23. Информационный портал общества горных инженеров США www.smenet.org

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитории для проведения лекционных занятий.

Мебель и оснащение: 36 посадочных мест, стол аудиторный - 18 шт., стол преподавательский - 1 шт., стул - 40 шт., трибуна - 1 шт., шкаф преподавателя ArtM -1 шт., видеопрезентер Elmo P-30S - 1 шт., доска интерактивная Polyvision evo 2610A -1 шт., источник бесперебойного питания Poverware 5115 75(i) - 1 шт., коммутатор Kramer VP-201 - 1 шт., компьютер Comprimir - 1 шт. с возможностью подключения к сети «Интернет», масштабатор Kramer VP-720x1 - 1 шт., микшер-усилитель Dynacord MV 506 -1 шт., монитор ЖК «17» Dell - 2 шт., мультимедиа проектор Mitsubischi XD221-ST -1 шт., пульт управления презентацией Interlink Remote Point Global Presenter - 1 шт., рекордер DVDLGHDR899 - 1 шт., усилитель-распределитель Kramer VP-200xln - 1 шт., устройство светозащитное - 3 шт., крепление SMS Projector - 1 шт., плакаты в рамках -6 шт.

Аудитории для проведения лабораторных занятий.

Мебель и оснащение: 36 посадочных мест, стол аудиторный - 18 шт., стол преподавательский - 1 шт., стул - 40 шт., трибуна - 1 шт., шкаф преподавателя ArtM -1 шт., видеопрезентер Elmo P-30S - 1 шт., доска интерактивная Polyvision evo 2610A -1 шт., источник бесперебойного питания Poverware 5115 75(i) - 1 шт., коммутатор Kramer VP-201 - 1 шт., компьютер Comprimir - 1 шт. с возможностью подключения к сети «Интернет», масштабатор Kramer VP-720x1 - 1 шт., микшер-усилитель Dynacord MV 506 -1 шт., монитор ЖК «17» Dell - 2 шт., мультимедиа проектор Mitsubischi XD221-ST -1 шт., пульт управления презентацией Interlink Remote Point Global Presenter - 1 шт., рекордер DVDLGHDR899 - 1 шт., усилитель-распределитель Kramer VP-200xln - 1 шт., устройство светозащитное - 3 шт., крепление SMS Projector - 1 шт., плакаты в рамках -6 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы :

Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером - 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть Университета - 17 шт., мультимедийный проектор - 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа - 1 шт. (системный блок, мониторы - 2 шт.), стол - 18 шт., стул - 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- Операционная система Microsoft Windows XP Professional;
- Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011;
- Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007. Перечень лицензионного программного обеспечения:
- Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011;
- Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010;

- CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения»;

- Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1;
- Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО);
- Quantum GIS (свободно распространяемое ПО);
- Python (свободно распространяемое ПО);
- R (свободно распространяемое ПО);
- Rstudio (свободно распространяемое ПО);
- SMATH Studio (свободно распространяемое ПО);
- GNU Octave (свободно распространяемое ПО); Scilab (свободно распространяемое ПО).

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол - 5 шт., стул - 2 шт., кресло - 2 шт., шкаф - 2 шт., персональный компьютер - 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор - 2 шт., МФУ - 1 шт., тестер компьютерной сети - 1 шт., баллон со сжатым газом - 1 шт., шуруповерт - 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012);

- Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010);

- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор №Д810(223)-12/17 от 11.12.2017).

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 7 Professional
2. Microsoft Office 2007 Standard
3. Microsoft Windows XP Professional