

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

25 » 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория горения и взрыва»

Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль «Безопасность технологических процессов и производств»

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО

На заседании Методической комиссии

Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 25 » мая 2021 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена профессором кафедры Техносферной безопасности А.В. Дубовиком и старшим преподавателем Д.И. Михеевым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
техносферной безопасности
«29» _____ апреля _____ 2021 г., протокол № 12

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой техносферной безопасности в РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Теория горения и взрыва» относится к обязательным дисциплинам учебного плана в части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую подготовку в области общей физики и химии, высшей математики, безопасности жизнедеятельности.

Цель дисциплины – приобретение обучающимися знаний об основных закономерностях возбуждения и протекания взрывных процессов в энергетических материалах (ЭМ), о масштабах их воздействия на окружающую среду и эффективных способах защиты от разрушительного действия взрыва и снижения его последствий.

Задачи дисциплины:

- составить классификацию ЭМ по химическому строению, взрывчатым характеристикам, способам обращения и областям применения;
- установить связь между свойствами ЭМ и его взрывным и разрушительным действиями;
- рассмотреть механизмы протекания основных режимов превращения ЭМ – химический распад, горение и детонация;
- дать представление об эффективных способах защиты от поражающего действия взрыва.

Дисциплина «Теория горения и взрыва» читается в 6-м семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Безопасность жизнедеятельности	УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	УК-8.1. Знает основные техносферные опасности, их свойства и характеристики. УК-8.2. Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности. УК-8.8. Владеет понятийно-терминологическим аппаратом в области безопасности.

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
<p>- участие в выполнении научных исследований в области безопасности под руководством и в составе коллектива, выполнение экспериментов и обработка результатов;</p> <p>- комплексный анализ опасностей техносферы;</p> <p>- подготовка и оформление отчетов по научно-исследовательским работам</p>	<p>- человек и опасности, связанные с человеческой деятельностью;</p> <p>- опасности среды обитания, связанные с деятельностью человека;</p> <p>- опасности среды обитания, связанные с опасными природными явлениями;</p> <p>- опасные технологические процессы и производства;</p> <p>- нормативные правовые акты по вопросам обеспечения безопасности;</p> <p>- методы и средства оценки техногенных и природных опасностей и риска их реализации;</p> <p>- методы и средства защиты человека и среды обитания от техногенных и природных опасностей;</p> <p>- правила нормирования опасностей и антропогенного воздействия на окружающую природную среду;</p> <p>- методы и средства спасения человека</p>	<p>ПК-1. Способен осуществлять научно-исследовательскую работу в области техносферной безопасности.</p>	<p>ПК-1.3. Владеет навыками проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных.</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам данного направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведение консультаций с ведущими работодателями отрасли, в которой востребованы выпускники данного направления подготовки.</p>

Организационно-управленческий тип задач профессиональной деятельности

<p>- обучение рабочих и служащих требованиям безопасности;</p> <p>- организация и участие в деятельности по защите человека и окружающей среды на уровне производственного предприятия, а также деятельности предприятий в чрезвычайных ситуациях;</p> <p>- участие в разработке нормативных правовых актов по вопросам обеспечения безопасности на уровне производственного предприятия;</p> <p>- осуществление государственных мер в области обеспечения безопасности.</p>	<p>Сквозные виды профессиональной деятельности (противопожарная профилактика в промышленности).</p>	<p>ПК-5. Способен обеспечить противопожарный режим на объекте.</p>	<p>ПК-5.1. Знает нормы и требования общепромышленных, отраслевых правил, регламентов, требования локальных нормативных документов по пожарной безопасности;</p>	<p>Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28 октября 2014 г. № 814н (код ПС 40.056)</p> <p>А. Обеспечение противопожарного режима на объекте.</p> <p>А/01.5. Планирование пожарно-профилактической работы на объекте.</p> <p>А/02.5. Обеспечение противопожарных мероприятий, предусмотренных правилами, нормами и стандартами.</p> <p>(уровень квалификации – 5)</p>
--	---	--	---	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- общие характеристики явления взрыва, его причины, факторы, способствующие его возникновению и последующему протеканию;
- классификацию взрывоопасных веществ и материалов по их свойствам, действию и назначению;
- термодинамические и физико-химические механизмы взрывных процессов (горения, детонации, переходных явлений, распространения ударных волн взрыва);
- факторы поражающего действия взрыва (бризантное, фугасное, кумулятивное), принципы управления ими и защиты от них.

Уметь:

- применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования взрывных процессов при решении профессиональных задач;
- проводить проектные расчеты для обоснованных выводов о целесообразности использования явлений горения и взрыва в хозяйственной деятельности;
- выполнять анализ последствий разрушительного действия взрыва в целях недопущения его в операциях с взрывоопасными веществами;
- делать обоснованный выбор взрывоопасных веществ в соответствии с ведомственными, экономическими и экологическими задачами.

Владеть:

- комплексом современных методов химической термодинамики для расчета энергетических характеристик ЭМ;
- газодинамическими методами оценки параметров горения и детонации во взрывоопасных веществах;
- приемами обработки экспериментальных данных о процессах горения и взрыва, их характеристиках и результатах воздействия на окружающую среду;
- современными методами исследований процессов горения и взрыва для изучения механизмов протекания быстрых химических реакций в средах с различным агрегатным состоянием.

Формулировки знаний, умений и владений могут не совпадать с формулировками индикаторов достижения компетенций, но должны совпадать со знаниями, умениями и владениями в аннотациях основной образовательной программы.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5,00	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
в том числе в форме практической подготовки	1,11	40	30
Лекции	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
в том числе в форме практической подготовки	0,44	16	12
Лабораторные работы	0,44	16	12
в том числе в форме практической подготовки	0,44	16	12

Самостоятельная работа	2,22	80	60
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,03	37	27,75
Расчетно-графические работы	1,19	43	32,25
Вид контроля:			
Экзамен	1,00	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1,00	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек-ции	в т.ч. в форме пр. подг.	Практ. занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Лабор. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Самост. работа
	Введение	1		1	0					
	Раздел 1. Термодинамика и химическая кинетика процессов горения и взрыва	53	21	16	0	8	8	13	13	26
1.1	Термодинамика процессов горения и взрыва	17	6	5	0	2	2	4	4	10
1.2	Химическая кинетика и тепловой взрыв в реагирующей среде	17	7	5	0	3	3	4	4	10
1.3	Детонация газов и взрывчатых веществ	19	8	6	0	3	3	5	5	6
	Раздел 2. Физико-химия процессов горения	24	4	8	0	4	4			24
2.1	Теория горения газов и конденсированных систем	12	2	4	0	2	2			12
2.2	Экспериментальные данные	12	2	4	4	2	2			12
	Раздел 3. Гидродинамика процессов детонации и ударных волн	20	4	6	2	2	2			20
3.1	Взаимодействие взрывных волн с преградами	10	1	3	0	1	1	0		10
3.2	Взрывные явления в окружающих средах и с различными преградами	10	3	3	2	1	1	0		10
	Раздел 4. Возбуждение взрыва	11	7	2	2	2	2	3	3	10

	внешним воздействием									
	ИТОГО	108	40	32	8	16	16	16	16	80
	Экзамен:	36								
	ИТОГ	144								

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Определение процессов горения и взрыва. Применение взрыва в военном деле и в народном хозяйстве.

Раздел 1. Термодинамика и химическая кинетика процессов горения и взрыва

1.1. Термодинамика процессов горения и взрыва

Зависимость скорости химической реакции от температуры и концентрации реагирующих веществ. Вычисление тепловых эффектов в быстрых реакциях (теплота, температура, давление, состав и объем продуктов взрывчатого превращения). Самоускоряющиеся химические реакции. Закон Аррениуса.

1.2. Химическая кинетика и тепловой взрыв в реагирующей среде

Теория теплового взрыва. Диаграмма Семенова. Цепной взрыв. Автокаталитическое ускорение реакции. Химическая и физическая стойкость взрывчатых материалов.

1.3. Детонация газов и взрывчатых веществ

Классическое изложение гидродинамической теории детонации. Условие касания прямой Михельсона-Релея с адиабатой продуктов взрыва (правило Чепмена-Жуге). Расчетные и экспериментальные методы определения параметров детонации. Предельные условия детонации в однородных и гетерогенных ВВ. Принцип Харитона. Критический диаметр детонации и его зависимость от состояния заряда ВВ.

Раздел 2. Физико-химия процессов горения

2.1. Теория горения газов и конденсированных систем

Зонная теория горения газов и летучих ЭМ по Зельдовичу и Беляеву. К-фазная модель горения твердых ЭМ по Мержанову. Самораспространяющийся волновой синтез как метод получения новых материалов. Зависимость скорости горения от внешних факторов (состав, давление, температура). Критические условия горения (диаметр, давление). Неустойчивое горение и переход горения во взрыв. Газодинамическое условие устойчивости горения ЭМ по Андрееву.

2.2. Экспериментальные данные

Приборы и методы измерений процессов горения и взрыва.

Раздел 3. Гидродинамика процессов детонации и ударных волн

3.1. Взаимодействие взрывных волн с преградами

Взаимодействие детонационных волн с преградами различной жесткости (сжимаемости). Методы определения бризантности ВВ. Взрыв в воздухе, закон затухания УВ взрыва. Взаимодействие воздушных УВ с преградами. Методы определения фугасности ВВ. Кумуляция профилированных зарядов ВВ. Бронепробивное действие кумулятивной струи.

3.2. Механические воздействия на окружающие среды

Гидродинамическая теория ударной волны (УВ). Ударная адиабата Гюгонио. Ударные волны в плотных средах. Закон подобия при взрыве. Тротиловый эквивалент взрыва. Взрывы на выброс и сброс. Баланс энергии при взрыве.

Раздел 4. Возбуждение взрыва внешним воздействием

Чувствительность ВВ к внешним воздействиям. Механическая чувствительность, методы расчета и экспериментального определения показателей чувствительности ВВ. Расположение ВВ в опорный ряд по чувствительности к механическим воздействиям. Законы затухания УВ в материалах с различной динамической жесткостью. Методы защиты – подземные убежища, обвалованные пункты приема граждан, баррикады из

взрывозащитных преград, стационарные и переносные контейнеры для транспортировки ВВ, синтетические тканые материалы, металлизированные одеяла.

**5 СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
КОМПЕТЕНЦИЯМ БАКАЛАВРА**

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	– общие характеристики явления взрыва, его причины, факторы, способствующие его возникновению и последующему протеканию;	+	+	+	
2	– классификацию взрывоопасных веществ и материалов по их свойствам, действию и назначению;	+			+
3	– термодинамические и физико-химические механизмы взрывных процессов (горения, детонации, переходных явлений, распространения ударных волн взрыва);	+	+	+	
4	– факторы поражающего действия взрыва (бризантное, фугасное, кумулятивное), принципы управления ими и защиты от них.		+	+	
	Уметь:				
5	– применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования взрывных процессов при решении профессиональных задач;	+		+	
6	– проводить проектные расчеты для обоснованных выводов о целесообразности использования явлений горения и взрыва в хозяйственной деятельности;		+	+	
7	– выполнять анализ последствий разрушительного действия взрыва в целях недопущения его в операциях с взрывоопасными веществами;	+	+		+
8	– делать обоснованный выбор взрывоопасных веществ в соответствии с ведомственными, экономическими и экологическими задачами.			+	
	Владеть:				
8	– комплексом современных методов химической термодинамики для расчета энергетических характеристик ЭМ;	+			
9	– газодинамическими методами оценки параметров горения и детонации во взрывоопасных веществах;		+		+
10	– приемами обработки экспериментальных данных о процессах горения и взрыва, их характеристиках и результатах воздействия на окружающую среду;		+	+	

11	- современными методами исследований процессов горения и взрыва для изучения механизмов протекания быстрых химических реакций в средах с различным агрегатным состоянием.			+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>компетенции и индикаторы их достижения:</i>						
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК				
	УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	УК-8.1. Знает основные техносферные опасности, их свойства и характеристики	+	+		+
		УК-8.2. Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности	+	+	+	
		УК-8.8. Владеет понятийно-терминологическим аппаратом в области безопасности	+	+	+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
	ПК-1. Способен осуществлять научно-исследовательскую работу в области техносферной безопасности.	ПК-1.3. Владеет навыками проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных	+	+	+	+
	ПК-5. Способен обеспечить противопожарный режим на объекте.	ПК-5.1. Знает нормы и требования общеотраслевых, отраслевых правил, регламентов, требования локальных нормативных документов по пожарной безопасности	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ Раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Решение задач по термодинамике горения и взрыва	4
2	1	Решение задач по химической кинетике горения и взрыва	4
3	2	Решение задач о параметрах пламени	1
4	2	Решение задач методах измерений параметров горения	1
5	2	Расчеты по использованию процессов горения в технике	2
6	3	Решение задач о параметрах детонации ВВ	1
7	3	Решение задач о параметрах ударных волн в различных средах	1
8	4	Решение задач об ударе по заряду ВВ	1
9	4	Решение задач о трении по заряду ВВ	1

6.2 Примерные темы лабораторных занятий по дисциплине

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Теория горения и взрыва*», а также способствует обретению навыков работы с измерительными приборами и проведения измерений параметров процессов горения и взрыва.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 12 баллов (максимально по 3 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1.	1	Термораспад индивидуального ВВ
2.	1	Термораспад смесового ВВ
3.	1	Определение параметров детонации индивидуального ВВ
4.	4	Определение критических параметров удара индивидуального ВВ
5.	4	Определение критических условий инициирования трением

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Теория горения и взрыва» предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 44 ч в 6 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение тематических экспозиций, музеев, выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;

– выполнение расчетно-графических работ;

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

К выполнению РГР студенты смогут приступить после изучения раздела 1.1 раздела 1 «Термодинамика процессов горения и взрыва». Рекомендуется постепенное выполнение заданий РГ- работ в течение оставшейся части семестра по мере изучения соответствующих тем.

Задания для самостоятельной работы по темам

1. Вывести формулы для расчета параметров воздушной ударной волны из законов сохранения массы, импульса и энергии и используя уравнение состояния идеального газа. Принять волну сильной (число Маха $M \gg 1$)
2. Вывести формулу Крюссара-Измайлова для параметров воздушной ударной волны, отраженной от жесткого препятствия (торможение массового потока в волне на препятствии).
3. Решить задачу о глубине проникания осколка заданной энергии и массы в препятствие с известной сжимаемостью, используя линейный закон затухания скорости осколка (задача № 3-11 из учебного пособия А.В.Дубовика, 2013)
4. В соответствии с гидродинамической теорией детонации получить формулы для расчета параметров детонации в политропной (взрывчатой) среде.
5. Используя акустическое приближение найти параметры ударной волны в инертной среде, контактной с детонирующим зарядом ВВ (обоснование экспериментального метода «аквариума»).
6. Используя кубическое уравнение состояния продуктов взрыва, найти импульс детонационной волны, переданный преграде с известной сжимаемостью.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 16 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 12 баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля полученных знаний предусмотрен 3 контрольных работ, выполняемая перед экзаменом по дисциплине. Максимальная оценка за контрольную работу составляет 16 баллов. Контрольная работа содержит 3 задачи, оцениваемые по 8 баллов каждая.

РГР 1 содержит задание по расчету термодинамических и баллистических характеристик взрывчатых составов, моделирующих современные твердые ракетные топлива.

РГР 2 содержит одно задание по расчету параметров детонации современных штатных и промышленных взрывчатых составов.

Суммарная оценка за выполнение РГР составляет 24 балла по 12 баллов за каждую.

Примеры задач к контрольной работе. Максимальная оценка – 8 баллов.

1. Найти работу расширения котловой полости от начального объема 2 л до конечного 20 л, образовавшейся в результате взрыва 300 г нитроглицерина. Принять показатель адиабаты продуктов взрыва НГЦ равным 1,2.
2. Заряд ВВ диаметром 20 мм и длиной 80 мм при плотности $1,3 \text{ г/см}^3$ детонирует со скоростью 6,0 км/с. На его торце установлена алюминиевая пластина диаметром 20 мм и толщиной 4 мм ($\rho_{Al}=2,7 \text{ г/см}^3$). С какой скоростью полетит пластина при выходе детонационной волны на торец заряда?
3. Рассчитать скорость полета пластины массой 50 г, метаемой взрывом заряда гексогена ($D=8,7 \text{ км/с}$) массой 100 г. Найти КПД метательного действия взрыва.
4. Определить импульс контактного взрыва заряда октогена ($\rho_0=1,9 \text{ г/см}^3$, $D=9 \text{ км/с}$, $Q=5,5 \text{ МДж/кг}$) массой 1,5 кг (на единицу площади контакта) на бетонной плите, для которой принять $\rho=2,6 \text{ г/см}^3$, $C=4 \text{ км/с}$. Оценить тротильный эквивалент взрыва.
5. Взорван заряд гексогена массой 2 т на высоте 26 м над землей. Определить максимальное давление на поверхности земли под зарядом.
6. Сравнить импульсы, передаваемые жесткой преграде при взрыве однотипного заряда в воздухе и в воде, причем воздушная преграда втрое дальше от центра взрыва, чем водная. Насколько отличаются равноудаленные массы зарядов в воде и в воздухе при одинаковом импульсе отражения?
7. Требуется разместить склад ВВ в городских условиях с массой 100 кг. На какой глубине требуется его построить, чтобы после возможного взрыва осталась только воронка рыхления?
8. При взрыве снаряда с ВВ со скоростью детонации 8,5 км/с в непосредственной близости от эпицентра зафиксирован полет осколка снаряда ($m=280 \text{ г}$) со скоростью 1200 м/с. Оценить массу ВВ взорвавшегося снаряда.
9. Требуется разместить склад ВВ в городских условиях с массой 400 кг. На какой глубине требуется его построить, чтобы после возможного взрыва осталась только воронка рыхления?
10. Определить импульс контактного взрыва заряда тэна ($\rho_0=1,6 \text{ г/см}^3$, $D=7,8 \text{ км/с}$, $Q=5,5 \text{ МДж/кг}$) массой 1 кг (на единицу площади контакта) на бетонной плите, для которой принять $\rho=2,6 \text{ г/см}^3$, $C=4 \text{ км/с}$. Оценить тротильный эквивалент взрыва.

Пример контрольной работы

1. Требуется разместить склад ВВ в городских условиях с массой 100 кг. На какой глубине требуется его построить, чтобы после возможного взрыва осталась только воронка рыхления? (8б)
2. Найти работу расширения котловой полости от начального объема 2 л до конечного 20 л, образовавшейся в результате взрыва 300 г нитроглицерина. Принять показатель адиабаты продуктов взрыва НГЦ равным 1,2. (8б)

3. Определить импульс контактного взрыва заряда октогена ($\rho_0=1,9 \text{ г/см}^3$, $D=9 \text{ км/с}$, $Q= 5,5 \text{ МДж/кг}$) массой 1,5 кг (на единицу площади контакта) на бетонной плите, для которой принять $\rho=2,6 \text{ г/см}^3$, $C=4 \text{ км/с}$. Оценить тротиловый эквивалент взрыва. (8б)

8.2 Расчетно-графическая работа

Расчетно-графические работы по дисциплине предусмотрены учебным планом и представляют собой подготовки отчетов по ТГВ, согласно полученному заданию. Задание представляет собой первичные данные измерений параметров ударных или детонационных волн в различных средах, подлежащих дальнейшей обработке с целью установления их характеристик в реальных условиях. В зависимости от задания, в варианте могут быть представлены не все изученные факторы, что отражает реальные ситуации при проведении работ с ВВ. Работа направлена на проверку закрепления практического применения полученных знаний в рамках изучения дисциплины.

РГ- работы оцениваются из 12 баллов каждая, согласно действующей в университете рейтинговой системе.

РГ- работы должны быть сданы на проверку не позднее зачетной недели в прошитом, пронумерованном и подписанном виде.

Примерные темы работ

1. Расчет параметров ударных волн в средах, находящихся в контакте с детонирующим зарядом ВВ.
2. Расчет параметров нормальной детонации в конденсированном ВВ известного состава и плотности.
3. Расчет термодинамических и баллистических характеристик модельного смесового ВВ.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины.

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет 2 вопроса и задача. Вопросы по 12 баллов каждый, задача 16 баллов.

1. Основные представления о взрыве и его причинах. Источники энергии взрывов. Внешние проявления взрывов.
2. Классификация ВВ по составу и назначению. Эксплозофорные группы в формулах ВВ.
3. Уравнения гидродинамической теории детонации. Прямая Михельсона и адиабата Гюгонио. Правило Чепмена-Жуге.
4. Кубическое уравнение состояния продуктов детонации. Расчет параметров сильной детонации в конденсированных ВВ.
5. Детонация конденсированных систем. Зависимость скорости детонации от плотности зарядов для индивидуальных и смесовых ВВ. Переуплотнение промышленных ВВ.
6. Экспериментальные методы определения параметров детонации – скорости, давления, температуры.
7. Неидеальная детонация. Предельный и критический диаметры заряда ВВ. Принцип Харитона. Активная часть заряда ВВ.
8. Бризантность ВВ. Импульс взрыва на жесткой стенке. Экспериментальные методы оценки бризантности ВВ.
9. Метание тел продуктами детонации. Коэффициент полезного действия зарядов ВВ.

10. Взаимодействие детонационной волны с инертной преградой. Мягкие и жесткие преграды. (P, u)-диаграммы взаимодействия ДВ с преградами.
11. Ударная адиабата конденсированных сред. Способы представления (записи). Скольжение детонационной волны вдоль преграды. Диаграмма взаимодействия.
12. Фугасность ВВ. Работа расширяющихся продуктов взрыва. Экспериментальные методы оценки работоспособности ВВ.
13. Кумулятивные эффекты при взрывах ВВ. Теория Лаврентьева о принципах работы кумулятивного снаряда. Пробивание преград кумулятивными струями.
14. Взрыв сферического заряда вдали от поверхности земли. Закон распространения сферической ударной волны. Приведенное расстояние. Закон подобия при взрыве.
15. Отражение ударной волны от жесткой стенки. Обтекание препятствия ударной волной. Отражение воздушной УВ от земной поверхности. Головная УВ.
16. Подземные и наземные взрывы. Котловые полости, воронки выброса и рыхления. Сейсмическое действие взрыва. Расчеты воронок выброса.
17. Факторы разрушающего действия взрыва. Особенности разрушений от давления и импульса ударной волны взрыва. Закон подобия при взрыве. Безопасные расстояния при воздушном взрыве ВМ
18. Безопасные расстояния при наземном и подземном взрыве ВМ. Подводные взрывы.
19. Газовые и аэрозольные взрывы. Оценки безопасных расстояний. Особенности затухания УВ объемно-детонирующих систем.
20. Взрывозащитное оборудование в технологическом процессе. Создание взрывных клапанов, разрушающихся мембран, сбросных отверстий и пр.
21. Средства локализации взрывов – сухие огнепреградители, жидкостные затворы, механические пламеотсекатели и пр.
22. Общие рекомендации по созданию безопасных технологических условий на производстве и при обращении с ВМ. Паспорт безопасности промышленного объекта.
23. Каким образом формируется ударная волна сжатия при детонации заряда ВВ. Какая роль массового потока продуктов детонации при воздействии на преграду.
24. Где сильнее ослабляется ударная волна взрыва – в акустически мягкой или в жесткой преграде.
25. Описать внешнюю картину протекания взрыва в окружающей среде. Особенности разрушений от давления и импульса ударной волны взрыва. Безопасные расстояния при взрыве.
26. Что такое приведенное расстояние взрыва, как оно используется при оценке параметров ударной волны в различных средах
27. Как изменяется давление при набегании ударной волны на твердое препятствие.
28. Спасает ли человека небольшое препятствие при его обтекании ударной волной воздушного взрыва.
29. Как внешне проявляется подземный взрыв крупного заряда ВВ. Особенности подводного взрыва.
30. Механизм пылевоздушных взрывов в угольных шахтах, зернохранилищах (элеваторах), воздуховодах ткацких цехов и пр.
31. Механизм гашения ударной волны порошковыми и пузырьковыми завесами
32. Защита от осколочных боеприпасов (маты, одеяла, гидробассейны и пр.)
33. Современные противоосколочные материалы (кевлар) и защитные средства (жилеты, фартуки и пр.)

Примеры задач для итогового контроля освоения дисциплины.

Раздел 1

- 1.1. Вычислить теплоту полного сгорания 1 л бензина C_8H_{18} ($\Delta H_f^\circ = -250$ кДж/моль, $\rho = 0,7$ г/см³). Как изменится теплота при сгорании бензина до CO ?
- 1.2. Как изменится полная теплота сгорания на моль гидразина N_2H_4 ($\Delta H_f^\circ = 50,4$ кДж/моль) при замене окислителя кислорода на тетраокись азота N_2O_4 ($\Delta H_f^\circ = 9,7$ кДж/моль)?
- 1.3. Вычислить теплоту полного сгорания этанола ($\Delta H_f^\circ = -278$ кДж/моль). Сравнить с теплотой сгорания глюкозы $C_6H_{12}O_6$ ($\Delta H_f^\circ = -1260$ кДж/моль). Что является лучшим источником энергии – спирт или сахар?
- 1.4. Сколько м³ воздуха необходимо для полного сгорания 1 л бензола ? Как изменится количество воздуха при сгорании бензола до CO ? Принять для воздуха отношение N_2/O_2 как 4:1.
- 1.5. Рассчитать энтальпию образования метанола CH_3OH по теплоте его полного сгорания 22,7 МДж/кг.
- 1.6. Рассчитать энергию активации E распада соединения, для которого получены значения периода индукции $\tau = 10$ с при $T = 500$ К и $\tau = 10$ мс при $T = 1000$ К. Принять закон термораспада в виде $\tau = A \exp(E/RT)$.
- 1.7. Константа скорости разложения NO_2 при 592 К равна $5,22 \times 10^{-5}$ дм³/(моль·с), а при 627 К – $17,0 \times 10^{-5}$ дм³/(моль·с). Вычислить энергию активации и предэкспонент.
- 1.8. В реакции термораспада ВВ константа скорости при 650 К на порядок величины меньше, чем при 700 К. Вычислить энергию активации.
- 1.9. Константы в уравнениях Аррениуса для скоростей разложения $ВВ_1$ и $ВВ_2$ таковы: $Z_1 = 10^{12}$ с⁻¹, $E_1 = 105$ кДж/моль, $Z_2 = 10^{13}$ с⁻¹, $E_2 = 120$ кДж/моль. Найти температуру, при которой константы скорости равны.
- 1.10. В нестационарной теории теплового взрыва адиабатический период индукции (в пренебрежении выгоранием) при температуре T записывается так: $\tau(T) = AT^2 \exp(E/RT)$ (A – характеристика ВВ). При переменной температуре среды условие взрыва можно представить как

Раздел 2

- 2.1. В замкнутой теплоизолированной бомбе горит порох, занимающий часть ее объема. Температура пламени в начале горения 2500 К. Какая температура продуктов горения установится в бомбе после сгорания пороха. Объяснить результат. Принять величину показателя адиабаты продуктов горения 1,25.
- 2.2. Найти постоянные B и ν в законе скорости горения пороха $u = BV^\nu$, для которого имеются значения скоростей $u = 2$ мм/с при $P = 0,1$ МПа и $u = 20$ мм/с при $P = 10$ МПа.

- 2.3. В бомбе постоянного объема 10 л сожгли 22,7 г нитроглицерина $C_3H_5N_3O_9$. Какое давление создается в бомбе после ее охлаждения до комнатной температуры?
- 2.4. При измерении скорости горения с помощью барабанного фоторегистра на пленке получен угол наклона светящегося объекта 23° . Коэффициент оптической системы 1,8. Найти скорость распространения пламени, если скорость вращения барабана диаметром 24 см равна 120 мин^{-1} .
- 2.5. Установить устойчивость (по Андрееву) горения пороха по закону $u=1+2p^{0,5}$ (u в $\text{кг}/(\text{см}^2 \text{ с})$, p в МПа) и определить стационарную точку горения. Продукты горения истекают из камеры сгорания по закону $v=\{0 \text{ при } p<2 \text{ МПа}, p-2 \text{ при } p>2 \text{ МПа}\}$ (v в $\text{кг}/(\text{см}^2 \text{ с})$).
- 2.6. Установить пределы устойчивости (по Андрееву) горения пороха по закону $u=\{0,53+0,6p^{0,5} \text{ при } p<6 \text{ МПа}; 2+0,375p \text{ при } p>6 \text{ МПа}\}$ (u в $\text{кг}/(\text{см}^2 \text{ с})$). Продукты горения истекают из камеры сгорания по закону $v=\{0 \text{ при } p<2 \text{ МПа}, 0,875p-2 \text{ при } p>2 \text{ МПа}\}$ (v в $\text{кг}/(\text{см}^2 \text{ с})$). Определить стационарную точку горения и точку срыва.
- 2.7. В бомбе постоянного давления объемом 2 л, заполненной азотом под давлением 10 МПа, сожгли нитроглицерин $C_3H_5N_3O_9$, после чего давление в бомбе повысилось до 10,5 МПа (бомба охладилась до комнатной температуры). Какое количество НГЦ сожгли?
- 2.8. Найти единичный импульс топлива из стехиометрической смеси перхлората аммония NH_4ClO_4 ($\Delta H_f^\circ = -294 \text{ кДж/моль}$) и октогена ($\Delta H_f^\circ = 48,3 \text{ кДж/моль}$). Принять величину коэффициента тепловых потерь 0,5.
- 2.9. Максимальная скорость ракеты составляет 3,72 км/с. Найти единичный импульс пороха, если число Циолковского равно 0,2.
- 2.10. Считая, что порох сгорает на старте, определить максимальную высоту подъема ракеты, снаряженной порохом с единичным импульсом 200 с, если число Циолковского 0,4.

Раздел 3

- 3.1. Рассчитать скорость и давление детонации стехиометрической метан-кислородной смеси, приняв показатель адиабаты продуктов взрыва 1,05 и энтальпию образования метана $-74,85 \text{ кДж/моль}$.
- 3.2. С помощью зеркального фоторегистра зафиксирована скорость детонации 7,2 км/с при угле наклона изображения на пленке 60° и коэффициенте оптической системы 3,5. Найти скорость вращения зеркала, радиальное расстояние которого до фотопленки составляет 20 см.
- 3.3. При выходе детонационной волны из заряда ВВ ($D=6,4 \text{ км/с}$, $\rho_0=1,5 \text{ г/см}^3$) в воду зафиксирована скорость контактной границы 750 м/с. Найти (в акустическом приближении) давление детонации ВВ, если ударная адиабата воды записывается в виде $U=1,5+2u$ (км/с).
- 3.4. При воздействии плоской ударной волны с температурой на фронте 1000 К жидкое ВВ с энергией активации 120 кДж/моль взрывается через 10 нс. Сможет ли взорваться

это ВВ, если температура за фронтом волны будет линейно спадать с постоянной времени 100 нс.

- 3.5. Пользуясь кубическим уравнением состояния продуктов взрыва, рассчитать параметры детонационной волны, которая за 21,5 мкс в заряде плотностью 1,85 г/см³ прошла путь длиной 18 см.
- 3.6. При инициировании с вершины конуса взрывного генератора ударных волн типа «конус в цилиндре» на противоположном торце генератора возникает плоская детонационная волна. Найти величину угла при вершине конуса, если ВВ в цилиндре детонирует со скоростью 7 км/с, а ВВ в конусе – 6 км/с.
- 3.7. Скорость детонации ВВ составила 4,7 км/с при диаметре заряда 7 мм и 5,9 км/с при 12 мм. Оценить методом «обратных диаметров» величину идеальной скорости детонации данного ВВ.
- 3.8. При воздействии плоской ударной волной с амплитудой 10 ГПа детонация в однородном ВВ возникает через 10 мкс, а с амплитудой 15 ГПа – за 5 нс. Оценить энергию активации термораспада ВВ, если зависимость давления от температуры ударного сжатия записывается в виде $P=0,025T-5$ (P в ГПа, T в К).
Указание: закон термораспада ВВ принять в виде $t=A\exp(E/RT)$.
- 3.9. Заряд ВВ с энергией активации 0,15 МДж/моль взрывается через 10 мкс после воздействия на него плоской ударной волной с амплитудой 10 ГПа. Какое необходимо давление в УВ, чтобы ВВ взрывалось с задержкой 5 нс? Закон термораспада ВВ принять в виде $t=A\exp(E/RT)$.
Указание: Воспользоваться линейной связью температуры с давлением в УВ.
- 3.10. Записать ударную адиабату ударника, подлетающего со скоростью V к преграде, в виде зависимости давления от скачка скорости в момент столкновения ударника с преградой. Принять линейный вид ударной адиабаты материала ударника D(u).

Раздел 4

- 4.1. Найти работу расширения котловой полости от начального объема 2 л до конечного 20 л, образовавшейся в результате взрыва 300 г нитроглицерина. Принять показатель адиабаты продуктов взрыва НГЦ равным 1,2.
- 4.2. Заряд ВВ диаметром 20 мм и длиной 80 мм при плотности 1,3 г/см³ детонирует со скоростью 6,0 км/с. На его торце установлена алюминиевая пластина диаметром 20 мм и толщиной 4 мм ($\rho_{Al}=2,7$ г/см³). С какой скоростью полетит пластина при выходе детонационной волны на торец заряда?
- 4.3. Определить импульс контактного взрыва заряда октогена ($\rho_0=1,9$ г/см³, $D=9$ км/с, $Q=5,5$ МДж/кг) массой 1,5 кг (на единицу площади контакта) на бетонной плите, для которой принять $\rho=2,6$ г/см³, $C=4$ км/с. Оценить тротильный эквивалент взрыва.
- 4.4. Рассчитать скорость полета пластины массой 50 г, метаемой взрывом заряда гексогена ($D=8,7$ км/с) массой 100 г. Найти КПД метательного действия взрыва.

- 4.5. Сравнить импульсы, передаваемые жесткой преградой при взрыве однотипного заряда в воздухе и в воде, причем воздушная преграда втрое дальше от центра взрыва, чем водная. Насколько отличаются равноудаленные массы зарядов в воде и в воздухе при одинаковом импульсе отражения?
- 4.6. Предполагается произвести взрыв 500 т аммонита в скальном грунте. Насколько опасны последствия взрыва для деревянного жилого дома на расстоянии 1 км от эпицентра взрыва?
- 4.7. Предполагается произвести взрыв 1800 т аммонита в плотном песчаном грунте. Имеются жилые дома на расстоянии 600 и 1200 м. Насколько опасен для них взрыв?
- 4.8. Взорван заряд, установленный с заглублением на поверхности плотного песчаного грунта. На расстоянии 500 м разрушены деревянные постройки. В кирпичных домах вырваны оконные рамы. Оценить тротиловый эквивалент взрыва.
- 4.9. Взорван заряд гексогена массой 2 т на высоте 26 м над землей. Определить максимальное давление на поверхности земли под зарядом.
- 4.10. В городских условиях требуется разместить склад ВВ с массой 100 кг. На какой глубине требуется его построить, чтобы после возможного взрыва осталась только воронка рыхления?

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы

8.4 Структура и пример билета для экзамена

Экзамен по дисциплине «Теория горения и взрыва» включает контрольные вопросы по всем модулям учебной программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 2 вопросов и задачи. Ответы на вопросы оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за вопросы – по 12 баллов каждый, задача – 16 баллов.

Билет должен выглядеть так:

<p>«Утверждаю» Зав. каф. ТСБ</p> <hr/> <p>20 г. Н. И. Акинин</p> <hr/>	<p align="center">Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева 20.03.01 Техносферная безопасность Профиль «Безопасность технологических процессов и производств» Теория горения и взрыва</p> <p align="center">Вариант №</p> <ol style="list-style-type: none"> Импульс давления детонационной волны на жесткую преграду. Бризантное действие взрыва ВВ. Механизм пылевоздушных взрывов в угольных шахтах, зернохранилищах (элеваторах), воздуховодах ткацких цехов и пр. Задача: Рассчитать скорость полета пластины массой 50 г, метаемой взрывом заряда гексогена ($D=8,7$ км/с) массой 100 г. Найти КПД метательного действия взрыв
--	---

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Теория горения и взрыва : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / А. В. Тотай [и др.] ; под общей редакцией А. В. Тотая, О. Г. Казакова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 254 с. — (Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-08180-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/432006> (дата обращения: 04.06.2020).
2. Т.М.Колесникова, П.П.Кукин, В.В.Юшин, С.Г.Емельянов. Теория горения и взрыва. — М.: Юрайт, 2013. — 435 с.
3. А.В.Дубовик. Чувствительность твердых взрывчатых систем к удару. — М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2011. — 275 с. (5 экз.) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://lib.muctr.ru/digital_library/1103.
4. А.В.Дубовик. Теория горения и взрыва. Задачник. — М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2013. — 31 с. (10 экз., 5 экз.) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://lib.muctr.ru/digital_library/1274.

Б) Дополнительная литература:

5. Адамян В.Л. Теория горения и взрыва: учебное пособие 2021 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/109508/?demoKey=84ff4faef708696ce54d841fa0a66c04#1>.
6. Косточко, А. В. Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Физико-химические свойства порохов и ракетных твердых топлив : учебное пособие / А. В. Косточко, Б. М. Казбан. — Казань : КНИТУ, 2011. — 368 с. — ISBN 978-5-7882-0884-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/13316>
7. Косточко, А. В. Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Воспламенение и горение порохов и ракетных твердых топлив : учебное пособие / А. В. Косточко, Б. М. Казбан. — Казань : КНИТУ, 2010. — 213 с. — ISBN 978-5-7882-0884-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/13314>

В) Нормативно-техническая литература

1. ГОСТ 4545-88. Вещества взрывчатые бризантные. Методы определения чувствительности к удару. / Изд-во Стандартов, 1988. Издание официальное (действующая редакция).
2. ГОСТ Р 50835-95. Вещества взрывчатые бризантные. Методы определения характеристик чувствительности к трению при ударном сдвиге./ М.: Изд-во стандартов, 1997. Издание официальное (действующая редакция).

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

Презентации к лекциям.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Журналы

1. Горение и взрыв ISSN 1998-071X
2. Химическая физика ISSN 0409-2961
3. Физика горения и взрыва ISSN 1684-6435
4. Технологии техносферной безопасности ISSN 2071-7342

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

Интернет - ресурсы:

- <http://akot.rosmintrud.ru/> Единая общероссийская справочно-информационная система по охране труда
- http://fundmetrology.ru/10_tipy_si/11/7list.aspx Сведения об утвержденных типах средств измерений Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – 173);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вариантов – 150);
- банк заданий для промежуточного контроля освоения дисциплины (общее число вариантов – 50).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым

дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Теория горения и взрыва» проводятся в форме лекций, практических занятий и лабораторных работ, а также самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Учебные лаборатории для проведения лабораторного практикума по измерениям показателей чувствительности и определения скорости термораспада, оснащенная соответствующими измерительными приборами.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные принтерами и программными средствами; проектор и экран; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	Calculate Linux Desktop	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
2.	LibreOffice	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

3.	ABBYY FineReader	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
4.	7-Zip	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
5.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
6.	VLC Media Player	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
7.	Discord	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
8.	Autodesk AutoCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
9.	IntelliJ IDEA	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
10.	FreeCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
11.	SMath Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
12.	Corel Academic Site Standard	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Лицензия для активации на рабочих станциях, покрывает все рабочие места в университете	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
13.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	500 лицензий	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
14.	GIMP	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
15.	OBS (Open Broadcaster Software) Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1 Термодинамика и химическая кинетика процессов горения и взрыва</p>	<p>Знает общие характеристики явления взрыва, его причины, факторы, способствующие его возникновению и последующему протеканию; классификацию взрывоопасных веществ и материалов по их свойствам, действию и назначению; термодинамические и физико-химические механизмы взрывных процессов (горения, детонации, переходных явлений, распространения ударных волн взрыва). Умеет применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования взрывных процессов при решении профессиональных задач; выполнять анализ последствий разрушительного действия взрыва в целях недопущения его в операциях с взрывоопасными веществами. Владеет комплексом современных методов химической термодинамики для расчета энергетических характеристик ЭМ.</p>	<p>Оценка за экзамен Оценка за контрольную, лабораторную и РГ-работы</p> <p>Оценка за экзамен Оценка за контрольную и РГ-работы</p>
<p>Раздел 2: Физико-химия процессов горения</p>	<p>Знает общие характеристики явления взрыва, его причины, факторы, способствующие его возникновению и последующему протеканию; термодинамические и физико-химические механизмы взрывных процессов (горения, детонации, переходных явлений, распространения ударных волн взрыва); факторы поражающего действия взрыва (бризантное, фугасное, кумулятивное), принципы управления ими и защиты от них. Умеет проводить проектные расчеты для обоснованных выводов о целесообразности использования явлений горения и взрыва в хозяйственной деятельности;</p>	

<p>Раздел 4: Возбуждение взрыва внешним воздействием</p>	<p>задачами.</p> <p>Владеет приемами обработки экспериментальных данных о процессах горения и взрыва, их характеристиках и результатах воздействия на окружающую среду; современными методами исследований процессов горения и взрыва для изучения механизмов протекания быстрых химических реакций в средах с различным агрегатным состоянием.</p> <p>Знает классификацию взрывоопасных веществ и материалов по их свойствам, действию и назначению;</p> <p>Умеет выполнять анализ последствий разрушительного действия взрыва в целях недопущения его в операциях с взрывоопасными веществами;</p> <p>Владеет газодинамическими методами оценки параметров горения и детонации во взрывоопасных веществах; современными методами исследований процессов горения и взрыва для изучения механизмов протекания быстрых химических реакций в средах с различным агрегатным состоянием.</p>	
---	--	--

13 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Теория горения и взрыва»
основной образовательной программы
 20.03.01 «Техносферная безопасность»
 «Безопасность технологических процессов и производств»
 Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.