

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 03.07.2023 13:07:21  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
« 28 » сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВЫ ФИЗИКИ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА**

Направление подготовки

**20.03.01 Техносферная безопасность**

Направленность программы бакалавриата

**Все направленности**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная (заочная)**

Факультет инженерно-технологический  
Кафедра химической энергетики

Санкт-Петербург

2021

Б.10.22

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
доцент		доцент Украинцева Т.В.

Рабочая программа дисциплины «Основы физики горения и взрыва» обсуждена на заседании кафедры химической энергетики  
протокол от «31» августа 2021 № 1  
Заведующий кафедрой

А.С. Мазур

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от « 24 » сентября 2021 № 1

Председатель

А.П.Сула

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Техносферная безопасность»		Т. В. Украинцева
Директор библиотеки		Т. Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## Оглавление

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
4 Содержание дисциплины .....	7
4.1 Разделы дисциплины и виды занятий .....	7
4.2 Занятия лекционного типа.....	8
4.3. Занятия семинарского типа .....	11
5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	14
7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	15
8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины .....	17
9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	17
<u>10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине</u> .....	<u>17</u>
11 Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	19
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	20
Приложение № 1 .....	21
к рабочей программе дисциплины .....	21

# 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ОПК-2</b> Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления</p>	<p><b>ОПК-2.8</b> Способен оценить возможность возникновения и протекания быстрых окислительно-восстановительных реакций, приводящих к выделению большого количества тепла и энергии</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные закономерности процессов горения и детонации веществ (Зн.2.8.1);</li> <li>- методы предупреждению возгорания и детонации пожаровзрывоопасных веществ (Зн.2.8.2).</li> <li>- методики расчета зон поражения при горении и взрыве (Зн.2.8.3)</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать и экспериментально определять критические условия теплового самовоспламенения, параметры горения и взрыва, параметры ударных волн и детонации (У.2.8.1);</li> <li>- рационально планировать возможные последствия горения и взрыва (У.2.8.2);</li> <li>- использовать: основные математические модели расчета процессов горения и взрыва для формализации задач обеспечения и управления безопасностью технологических процессов и производств (У.2.8.3);</li> <li>- выбирать методы защиты от опасностей (У.2.8.4).</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способами расчета возможных последствий горения и взрыва опасных веществ (В.2.8.1);</li> <li>- способностью анализировать, исследовать и оценивать степень пожаро-взрывоопасности, прогнозировать возможные последствия пожаров и взрывов (В.2.8.2)</li> </ul>

## **2 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части (Б1.О.22) и изучается на 3 курсе в 5 семестре в очной форме и 4 курсе в первую, вторую сессию в заочной форме.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенции, сформированные при изучении естественнонаучных дисциплин программы. Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в дальнейшем обучении по направлению подготовки, при изучении дисциплин «Промышленная экология», «Системы управления химико-технологическими процессами», а также при прохождении практики и выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3 Объем дисциплины в очной (заочной)\* форме

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>3/ 108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>74 (10)</b>
занятия лекционного типа	18(4)
занятия семинарского типа, в т.ч.	54(6)
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	36(6)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	2
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>34(94)</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Идз, Кр (2)
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет (4)</b>

\*- в скобках указаны часы для заочной формы, здесь и далее

## 4 Содержание дисциплины

### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение	2(1)	-	-	10(16)	ОПК-2	ОПК-2.8
2.	Основные положения теории горения	6(1)	6	6(2)	8(26)	ОПК-2	ОПК-2.8
3.	Взрыв, условия его возбуждения и протекания	4(1)	6	24(2)	8(26)	ОПК-2	ОПК-2.8
4.	Действие горения и взрыва на окружающую среду	6(1)	6	6(2)	8(26)	ОПК-2	ОПК-2.8

4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><u>Введение.</u>                      Явление горения и взрыва. Несанкционированные горение и взрыв. Три основных вида превращений: термический распад, горение, детонация. Основные физические процессы, происходящие при горении и взрыве.                      Нормативная база в области предупреждения, оценки последствий несанкционированных процессов горения и взрыва.</p>	2(1)	
2	<p><u>Основные положения теории горения.</u>                      Физико-химические основы горения. Теории горения: тепловая, цепная, диффузионная. Условия возникновения и развития горения. Основные характеристики процесса горения. Форма и особенности диффузионных пламен.                      Теория самовоспламенения и воспламенения: процесс самовоспламенения и воспламенения от источника; влияние различных факторов на температуру самовоспламенения; экспериментальные методы определения температуры самовоспламенения.                      Особенности горения газо – паровоздушных смесей: концентрационные пределы воспламенения, влияние на них различных факторов, а также расчетные и экспериментальные способы их определения; распространение пламени, влияние различных факторов на скорость горения; нестационарные режимы горения, переход горения в детонацию, преддетонационный участок. Мероприятия по предупреждению возгорания различных материалов.                      Особенности горения жидкостей: температурные пределы воспламенения, методы их определения; скорость горения, влияние на нее различных факторов. Особенности горения твердых веществ и пылевоздушных смесей.</p>	6(1)	



№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<p><u>Взрыв, условия его возбуждения и протекания.</u>  Взрыв и конденсированные ВВ. Разновидности взрыва, общая характеристика и основные закономерности. Основные условия взрывного течения химических реакций. Классификация конденсированных ВВ по применению, агрегатному состоянию, составу и химическому строению. Основные свойства конденсированных ВВ.</p> <p>Особенности детонации. Ударные и детонационные волны. Гидродинамическая теория ударных волн. Гидродинамическая теория детонационных волн. Графическая интерпретация законов детонации.</p> <p>Детонация газовоздушных смесей.  Детонация пылевоздушных и аэрозольных систем.</p> <p>Особенности горения конденсированных ВВ, переход их горения в детонацию.</p> <p>Детонация конденсированных ВВ. Критические условия распространение детонации. Критический диаметр заряда. Влияние различных факторов на параметры детонационных волн. Экспериментальные и расчетные методы определения скорости детонации.</p> <p>Возбуждение детонации, механизм возбуждения детонации, виды начального импульса.</p> <p>Чувствительность ВВ к тепловому импульсу, влияние различных факторов на температуру вспышки, экспериментальные способы определения температуры вспышки.</p> <p>Чувствительность ВВ к механическим воздействиям: связь между химической структурой, физическими характеристиками ВВ и их чувствительностью к начальному импульсу; экспериментальные способы оценки чувствительности ВВ.</p> <p>Чувствительность ВВ к параметрам УВ, передача детонации на расстояние, понятие минимального инициирующего заряда и экспериментальные способы его определения.</p> <p>Меры технологической и технической безопасности</p>	4(1)	

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p><u>Действие горения и взрыва на окружающую среду.</u></p> <p>Основные факторы разрушающего действия взрыва. Главные формы работ при взрыве, энергетика взрыва. Общая энергетическая схема, связывающая теплоты образования и взрыва, как приложение закона Гесса. Кислородный баланс.</p> <p>Расчет энтальпии образования.</p> <p>Методы написания приближенных уравнений взрывчатого превращения.</p> <p>Экспериментальные способы определения общей работы взрыва.</p> <p>Расчет и экспериментальное определение состава и объема продуктов взрыва, теплоты и температуры взрыва.</p> <p>Расчет параметров воздушной ударной волны, особенности действия газодисперсных взрывов.</p> <p>Контактный взрыв и бризантность. Фугасное действие взрыва. Экспериментальные методы оценки бризантности и фугасности.</p> <p>Действие теплового излучения на окружающую среду. Расчет зон действия теплового излучения на человека, оборудование и природную среду.</p>	6(1)	

#### 4.3. Занятия семинарского типа

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	<u>Введение. Цели и задачи учебной дисциплины.</u>	-		
2	<u>Основные положения теории горения</u> Определение массы окислителя, определение массы горючего, определение избытка окислителя, определение низшей теплоты сгорания, определение интенсивности тепловыделения, изменение теплоты сгорания.	6		Кейс 1
3	<u>Взрыв, условия его возбуждения и протекания</u> Определение температурных пределов распространения пламени. Определение температуры вспышки	6		Кейс 2
4	<u>Действие горения и взрыва на окружающую среду</u> Расчет теплоты и давления взрыва. Расчет действия взрыва топливно-воздушной системы	6		Кейс 3

##### 4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1.	<u>Введение. Цели и задачи учебной дисциплины.</u>	-	-	
2	<u>Основные положения теории горения</u> Определение температуры вспышки	6(2)		Коллоквиум, групповое обсуждение результатов

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
3	<u>Взрыв, условия его возбуждения и протекания</u> Определение чувствительности ВВ к удару и трению; определение минимального инициирующего заряда. Определение скорости детонации.	24(2)		Коллоквиум, групповое обсуждение результатов
4	<u>Действие горения и взрыва на окружающую среду.</u> Определение теплоты и температуры горения и взрыва.	6(2)		Коллоквиум, групповое обсуждение результатов

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<u>Введение. Цели и задачи учебной дисциплины.</u> Самостоятельное изучение ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», ФЗ «О пожарной безопасности». ФНП №533 от 15.12.20 "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств"	10(16)	
2	<u>Основные положения теории горения.</u> Самостоятельное изучение ГОСТ Р 12.3.047-12 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля». ГОСТ 12.1.044-89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Свод правил	8(26)	Кр1, ИДЗ
3	<u>Взрыв, условия его возбуждения и протекания.</u> Изучение СП 12.13130-2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Изучение ФНП №494 от 03.12.20 "Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения"	8(26)	ИДЗ

№ раздела дис- циплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
4	<u>Действие горения и взрыва на окружающую среду.</u> Самостоятельное изучение: Приказа Ростехнадзора РФ от 31.03.2016 г. №137 Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей. - Приказа МЧС РФ от 10.07.2009 N 404 (с изменениями) Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах	8(26)	Кр2, ИДЗ

## **5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

## **6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачета

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций. На зачете предусматривается ответ на один теоретический вопрос (для проверки знаний) и выполнение одного практического задания на проверку умений, навыков.

Время на подготовку к устному ответу до 30 минут.

Зачет может быть проставлен при своевременном выполнении всех текущих мероприятий на положительные оценки

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – «зачтено».

## **7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

### **а) печатные издания:**

1. Калыгин, В.Г. Безопасность жизнедеятельности. Промышленная и экологическая безопасность в техногенных чрезвычайных ситуациях/В.Г. Калыгин, В.А. Бондарь. Под общ. ред. В.Г. Калыгина, М.: КОЛОСС, 2008. - 520 с.
2. Орленко, Л. П. Физика взрыва и удара: учебное пособие для вузов по направлению подготовки дипломированного специалиста 170100 - "Оружие и системы вооружения", спец. 170103 - "Средства поражения и боеприпасы" / Л. П. Орленко. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 304 с.
3. Федоров, А. В. Динамика и воспламенение газовзвесей / А. В. Федоров, В. М. Фомин, Ю. А. Гостеев. - Новосибирск: НТГУ, 2006. - 342 с.
4. Ягодников, Д. А. Воспламенение и горение порошкообразных металлов / Д. А. Ягодников. - МГТУ им. Баумана, 2009. - 431 с.
5. Взрывология: Справочник / Ю. В. Гальцев, С. А. Евтюков, Е. П. Медрес и др. - СПб: ДНК, 2007. - 678 с.
6. Гельфанд, Б. Е. Газовые взрывы / Б. Е. Гельфанд, М. В. Сильников. - СПб: Астерион, 2007. - 238 с.
7. Андреев, К. К. Теория взрывчатых веществ: Учебник для химико-технологических специальностей вузов / К. К. Андреев, А. Ф. Беляев, М.: Оборонгиз, 1960. - 595 с.
8. Челышев В.П. Основы теории взрыва и горения: Учебное пособие / В.П. Челышев. М.: Министерство обороны СССР, 1981. - 212 с.
9. Физика взрыва: В 2-х т. / С. Г. Андреев, А. В. Бабкин, Ф. А. Баум и др.; Под ред. Л. П. Орленко. - М.: ФИЗМАТЛИТ, Т. 1,2 2002. - 823 с.
10. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения/А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. - М.: Химия, 1990. - 496 с.
11. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда/ П.П.Кукин и др. - М.: Высш. Школа, 2002 - 318 с.
12. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник: В 2-х кн. / Под ред. А. Н. Баратова, А. Я. Корольченко. Кн. 1. -М.: Химия, 1990. - 495 с.
13. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : Справочник: В 2-х кн. / Под ред. А. Н. Баратова, А. Я. Корольченко. Кн. 2, 1990. - 384 с.
14. Расчет процесса горения: Методические указания / СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. энергетики, 1998. - 20 с.
15. Власов, Д. А. Взрыв и его последствия: Учебное пособие / Д. А. Власов - СПб:СПбГИ(ТУ), 2001. - 151 с.
16. Химия горения / Под ред. У. Гардинера, Пер. с англ. Е. В. Мозжухина, М. Б. Прохорова; Под ред. И. С. Заслонко.- М.: Мир, 1988. - 461 с.
17. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывоопасность промышленных пылей / А. Я. Корольченко. -М.: Химия, 1986. - 213 с.
18. Бесчастнов, М. В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение / М. В. Бесчастнов. - М.: Химия, 1991. - 431 с.
19. Маршалл, В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл; пер. с англ. Б. Г. Барсамяна и др., под ред. Б. Б. Чайванова, А. Н. Черноплекова. -М.: Мир, 1989. - 671 с.
20. Сборник методических рекомендаций по классификации аварий и инцидентов: РД 12-378-00, РД 10-385-00, РД 09-398-01, 2001. - 16 с.

21. Яковлев, В. Л. Предупреждение аварий в нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах / В. Л. Бард, А. В. Кузин. . –М.: Химия, 1984. - 247 с.
22. Яковлев В. В. Последствия аварийных взрывов газопаровоздушных смесей: Учебное пособие / В. В. Яковлев, А. В. Яковлев, 2000. - 73 с.
23. Монахов, В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ / Монахов В.Т., М.: Химия, 1979. – 424 с.
24. Гельфанд, Б. Е.. Химические и физические взрывы: Параметры и контроль / Б. Е. Гельфанд, М. В. Сильников. – СПб.: Полигон, 2003. - 415 с.

**б) электронные учебные издания:**

1. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2015. — 118 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/69485>. — Загл. с экрана
2. Шапров, М.Н. Теория горения и взрыва: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. — 92 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76691>. — Загл. с экрана.
3. Адамян, В. Л. Теория горения и взрыва: учебное пособие для вузов / В. Л. Адамян. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 116 с. — ISBN 978-5-8114-7342-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/158953> (дата обращения: 29.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Керученко, Л. С. Теория горения и взрыва: учебное пособие / Л. С. Керученко, М. С. Чекусов. — Омск: Омский ГАУ, 2018. — 140 с. — ISBN 978-5-89764-709-5. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105587> (дата обращения: 29.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Илюшин, М. А. Промышленные взрывчатые вещества: учебное пособие / М. А. Илюшин, Г. Г. Савенков, А. С. Мазур. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2652-2. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107912> (дата обращения: 29.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Воронин, М. С. Физика взрыва и удара: учебное пособие / М. С. Воронин. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 212 с. — ISBN 978-5-7782-4054-4. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152326> (дата обращения: 29.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Орленко, Л. П. Физика взрыва и удара : учебное пособие / Л. П. Орленко. — 3-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. — 408 с. — ISBN 978-5-9221-1715-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105009> (дата обращения: 29.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Физика взрыва / под редакцией Л. П. Орленко. — 3-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 656 с. — ISBN 5-9221-0220-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59297> (дата обращения: 29.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Андреев, С. Г. Экспериментальные методы физики взрыва и удара : учебник / С. Г. Андреев, М. М. Бойко, В. В. Селиванов ; под редакцией В. В. Селиванова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 752 с. — ISBN 978-5-9221-1496-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59748> (дата обращения: 29.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.



## 8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<http://media.technolog.edu.ru>

ЭБС «Лань». Принадлежность-сторонняя. Адрес сайта – <http://e.lanbook.com>  
Наименование организации – ООО «Издательство «Лань».

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс». Принадлежность – сторонняя.

ЭБС «Научно-электронная библиотека eLibrary.ru». Принадлежность – сторонняя.  
Адрес сайта – <http://elibrary.ru> Наименование организации – ООО РУНЭБ.

<http://guide.aonb.ru/library.html> Путеводитель по ресурсам Интернет.

<https://www.sibran.ru/journals/FGV> журнал «Физика горения и взрыва»

<http://combex.org/journal> журнал «Горение и взрыв»

<https://www.studmed.ru/science/chidnustry/pyro> Сайт литературы по взрывчатым веществам и пиротехнике.

## 9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Основы физики горения и взрыва» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПб ГТИ 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

## 10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

### 10.1 Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;  
взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### 10.2 Программное обеспечение

ОС WINDOWS, OPEN OFFICE, TOXI+RISK(5)

### 10.3 Базы данных и информационные справочные системы

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. База данных АРИПС «Опасные вещества». <http://www.rpohv.ru/db/>.

База данных журналов Scopus <https://www.scopus.com/home.uri>

Web of Science (WOS) - авторитетная политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных

База данных журналов РИНЦ.

Сайт Министерства труда и социальной защиты <https://mintrud.gov.ru/>

Сайт Федеральной службы государственной статистики <https://rosstat.gov.ru/>

Информационный портал: Труд-эксперт, управление  
<https://www.trudcontrol.ru/press/law/30181/mintrud-razrabotal-proekt-polozheniya-ob-osobennostyah-rassledovaniya-neschastnih-sluchaev-na-proizvodstve>

Федеральный портал проектов нормативных правовых актов: [Regulation.gov.ru](http://Regulation.gov.ru)

Портал Ассоциации разработчиков изготовителей поставщиков средств индивидуальной защиты <https://asiz.ru/>

## 11 Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы

<p><b>Лекционные кабинеты:</b> 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А №3 -52 м<sup>2</sup>, 6 – 129 м<sup>2</sup>, 14 – 61 м<sup>2</sup>.</p>	<p>Мультимедийная система, (проектор P1166-и 3 штуки), ноутбук aser aspire 9300- 3 штуки (программное обеспечение: ОС WINDOWS, OPEN OFFICE) экран ScreenMedia -3 штуки, WI-FI роутер, учебно- наглядные пособия, вместимость 30-40 посадочных мест</p>
<p><b>Компьютерный класс:</b> 190013, г. Санкт-Петербург Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А №4 -30 м2.</p>	<p>Компьютерный класс: 190013, г. Санкт-Петербург Московский проспект, д. 24-26/49, лит.А №4 -30 м2. Оборудование компьютерного класса: <b>1 ПК – процессор AMD Ryzen 7 2700 Eight-Core Processor 3.20 GHz, оперативная память 16 ГБ, 64 разрядная операционная система, 6 ПК - процессор Intel(R) Core(TM) ш3-9100 CPU 3/60 GHz, оперативная память 8 ГБ, 64 разрядная операционная система.</b> Монитор со встроенными колонками 24 Philips V line 24V7Q – 7 шт. WI-FI роутер HUAWEI-D2U6JL_HiLink. Доступ по локальной сети к единой информационной системе, сайту библиотеки СПбГТИ(ТУ) с системой электронного поиска, электронными библиотеками, доступ к сайту «Роспатента», «Росстата», «Ростехнадзора», Internet. Программное обеспечение: ОС WINDOWS, OPEN OFFICE, Авторское программное обеспечение для расчета зон действия поражающих факторов, рисков, Matcad, ТОКСИ, FireCat, СОУТ, Охрана труда (1С Предприятие), Производственная безопасность (1С Предприятие) Обучающиеся ЛОВЗ обеспечиваются ресурсами ЭБС (электронно-библиотечная система).</p>
<p><b>Помещения для практических и лабораторных занятий:</b> 190005, г. Санкт-Петербург Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А №12 -19 м2; №7 -67 м2 , №19 -21 м2 , № 35.-25 м2.</p>	<p>Помещения оснащены мебелью, учебно-наглядными пособиями, справочной литературой. Справочная, нормативная литература по свойствам пожаровзрывоопасных материалов, весы ВЛЭ-1100 – 12 шт., микрометры, штангенциркули, приборы для определения температуры вспышки в открытом и закрытом тигле, температуры самовоспламенения, концентрационных пределов распространения пламени, горючести, скорости детонации, бризантности, фугасности, передачи детонации, авторское программное обеспечение для расчета рецептур смесевых ВВ, вытяжные шкафы. Вместимость аудиторий 15 посадочных мест.</p>
<p><b>Помещения для самостоятельной работы:</b> 190013, г. Санкт-Петербург Московский проспект, д. 24-26/49, лит.А №18 -19 м2, №6а -28 м2, №18 -8 м2</p>	<p>Письменные столы, стулья, весы ВЛЭ-1100, сушильные шкафы, термостаты воздушные, водяные, химическая посуда, WI-FI, 15 посадочных мест</p>

## **12 Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

# Приложение № 1

## к рабочей программе дисциплины

Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Основы физики горения и взрыва»

### 1 Перечень компетенций и этапов их формирования

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ОПК-2</b>	Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления	Начальный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ОПК-2.8</b> Способен оценить возможность возникновения и протекания быстрых окислительно-восстановительных реакций, приводящих к выделению большого количества тепла и энергии	<b>Называет</b> основные закономерности процессов горения и детонации веществ (Зн.2.8.1);	Ответы на вопросы к зачету 1-36, ответы на вопросы к коллоквиумам 1-3, выполнение контрольных работ 1-3	Называет некоторые закономерности процессов горения и детонации веществ с ошибками	Называет некоторые закономерности процессов горения и детонации веществ	Называет основные закономерности процессов горения и детонации веществ
	<b>Называет</b> методы предупреждению возгорания и детонации пожаровзрывоопасных веществ (Зн.2.8.2).	Ответы на вопросы к зачету 37-48, ответы на вопросы к коллоквиумам 1-3, выполнение контрольных работ 1-3	Называет некоторые методы предупреждению возгорания и детонации пожаровзрывоопасных веществ с посторонней помощью	Называет методы предупреждению возгорания и детонации пожаровзрывоопасных веществ	Называет методы предупреждению возгорания и детонации пожаровзрывоопасных веществ
	<b>Перечисляет</b> методики расчета зон поражения при горении и взрыве и их содержание (Зн.2.8.3)	Ответы на вопросы к зачету 49-59, ответы на вопросы к коллоквиумам 1-3, выполнение контрольных работ 1-3	Перечисляет некоторые методики расчета зон поражения при горении и взрыве и их содержание с посторонней помощью	Перечисляет основные методики расчета зон поражения при горении и взрыве и их содержание	Перечисляет методики расчета зон поражения при горении и взрыве и их содержание
	<b>Рассчитывает и экспериментально определяет</b> критические условия теплового самовоспламенения, параметры горения и взрыва, параметры ударных волн и детонации (У.2.8.1);	Выполнение кейсов 1-3, выполнение лабораторных работ, выполнение ИДЗ 1-3	Рассчитывает и экспериментально определяет с ошибками или посторонней помощью критические условия теплового самовоспламенения, параметры горения и взрыва, параметры ударных волн и детонации	Рассчитывает и экспериментально определяет в основном правильно критические условия теплового самовоспламенения, параметры горения и взрыва, параметры ударных волн и детонации	Рассчитывает и экспериментально определяет критические условия теплового самовоспламенения, параметры горения и взрыва, параметры ударных волн и детонации

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<b>Рационально оценивает</b> возможные последствия горения и взрыва (У.2.8.2);	Выполнение кейсов 1-3, выполнение лабораторных работ, выполнение ИДЗ 1-3	Пытается оценить и имеет представление о возможных последствиях горения и взрыва	Может оценить с посторонней помощью возможные последствия горения и взрыва	Может самостоятельно и верно возможные последствия горения и взрыва
	<b>Использует:</b> основные математические модели расчета процессов горения и взрыва для формализации задач обеспечения и управления безопасностью технологических процессов и производств (У.2.8.3)	Выполнение кейсов 1-3, выполнение лабораторных работ, выполнение ИДЗ 1-3	Использует: отдельные математические модели расчета процессов горения и взрыва с ошибками для расчетов по обеспечению безопасности	Использует: основные математические модели расчета процессов горения и взрыва для расчетов по обеспечению безопасности с посторонней помощью	Использует основные математические модели расчета процессов горения и взрыва для формализации задач обеспечения и управления безопасностью технологических процессов и производств
	<b>Выбирает</b> методы защиты от опасностей (У.2.8.4).	Выполнение кейсов 1-3, выполнение лабораторных работ, выполнение ИДЗ 1-3	Выбирает методы защиты от опасностей с ошибками	Выбирает методы защиты от опасностей в основном правильно	Верно выбирает методы защиты от опасностей
	<b>Рассчитывает</b> возможные последствия горения и взрыва опасных веществ (В.2.8.1);	Выполнение кейсов 1-3, выполнение лабораторных работ, выполнение ИДЗ 1-3	Рассчитывает с ошибками зоны действия поражающих факторов	Рассчитывает в основном правильно зоны действия поражающих факторов	Верно рассчитывает с ошибками зоны действия поражающих факторов
	Анализирует, исследует, оценивает степень пожаро-взрывоопасности, прогнозирует возможные последствия пожаров и взрывов (В.2.8.2)	Выполнение кейсов 1-3, выполнение лабораторных работ, выполнение ИДЗ 1-3	Анализирует, исследует, оценивает с ошибками или посторонней помощью степень пожаро-взрывоопасности, прогнозирует возможные последствия пожаров и взрывов	Анализирует, исследует, оценивает в основном правильно степень пожаро-взрывоопасности, прогнозирует возможные последствия пожаров и взрывов	Анализирует, исследует, оценивает степень пожаро-взрывоопасности, прогнозирует возможные последствия пожаров и взрывов

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

#### 3.1 Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-2.8:

##### Зн.2.8.1

1. Предмет «Теория горения и взрыва». Виды горения и взрыва.
2. Горение, понятие, отличительные признаки.
3. Диффузионное и кинетическое горение.
4. Тепловое и цепное горение.
5. Воспламенение, механизм процесса.
6. Общая схема процесса горения.
7. Самовоспламенение, механизм процесса.
8. Теория детонации, адиабата Гюгоньо.
9. Идеальная детонация. Критический диаметр детонации.
10. Структура детонации (ударный фронт, зона химической реакции, плоскость Чепмена-Жуге, зона продуктов детонации).
11. Гидродинамическая теория детонационной волны. Прямая Михельсона, точка Жуге.
12. Понятие фугасности, ее проявление.
13. Передача детонации от одного заряда ВВ к другому, минимальный инициирующий заряд ВВ.
14. Общая работа взрыва, ее составляющие.
15. Основы теории чувствительности взрывчатых материалов к механическим воздействиям.
16. Особенности горения жидкостей.
17. Влияние различных факторов на скорость горения газо- и паровоздушных смесей.
18. Методы определения концентрационных пределов воспламенения газо- и паровоздушных смесей.
19. Методы определения скорости горения газо- и паровоздушных смесей.
20. Температурные пределы воспламенения, влияние различных факторов.
21. Температура самовоспламенения, влияние различных факторов.
22. Особенности горения твердых веществ.
23. Оценка теплового воздействия пожара пролива на окружающую среду.
24. «Огненный шар» - оценка теплового воздействия на окружающую среду.
25. Переход горения газо- и паровоздушных смесей в детонацию.
26. Различия в скоростных параметрах превращения топливно-воздушных смесей при детонации и дефлаграции. Расчет избыточного давления воздушной ударной волны за пределами облака.
27. Переход горения взрывчатых материалов в детонацию.
28. Графическое отображение формирующейся ударной волны взрыва, положительная и отрицательная фазы сжатия.
29. Начальный импульс и механизм возбуждения детонации, виды начального импульса.
30. Различия в механизмах и скоростях горения, дефлаграции и детонации топливно-воздушных смесей.
31. Различие в форме фронта воздушной ударной волны для детонирующих топливно-воздушных смесей и твердых зарядов ВВ.
32. Возбуждение детонации тепловым импульсом.
33. Влияние различных факторов на скорость детонации ВВ.
34. Классификация ВМ.



35. Оценка действия ударной волны при взрыве облака ТВС.
36. Определение фугасности по методу Трауцля.

### **Зн.2.8.2**

37. На какие группы по горючести делятся пожаровзрывоопасные вещества?
38. Что такое минимальная энергия зажигания?
39. Что такое БЭМЗ?
40. В каком нормативном документе приводятся принципы классификации взрывозащищенного электрооборудования?
41. Какие виды взрывозащиты оборудования Вы знаете?
42. Что такое флегматизация?
43. Использование инструментов из каких материалов разрешено в в пожаровзрывоопасных производствах?
44. Что такое средства взрывоподавления?
45. Как работают прерыватели детонации?
46. Принцип работы вышибных поверхностей?
47. Что может быть источником зажигания?
48. Какие требования предъявляются к процессам совместного хранения и транспортирования материалов.

**Называет** методы предупреждению возгорания и детонации пожаровзрывоопасных веществ

### **Зн.2.8.3**

49. Перечислите основные вредные и опасные факторы, действующие на человека при пожаре.
50. Перечислите основные вредные и опасные факторы, действующие на человека при взрыве.
  51. Какое давление во фронте ударной волны считается безопасным для человека?
  52. Каков механизм действия избыточного давления на человека?
  53. Каков механизм действия теплового излучения на человека?
  54. Какие вещества, выделяющиеся при пожаре, вызывают интоксикацию человека?
  55. Какие вещества, выделяющиеся при взрыве, вызывают интоксикацию человека?
  56. Каковы основные способы коллективной защиты от ударной волны?
  57. Каковы средства коллективной защиты от пожара?
  58. Каковы средства индивидуальной защиты от ударной волны и теплового воздействия?
59. Основные нормативные документы, регламентирующие требования к обращению с взрывопожароопасными веществами и возможные последствия воздействия несанкционированных горения и взрыва на окружающую среду.

## **3.2 Контрольная работа 1.**

Работа включает 3 задачи: определение массы окислителя горючего, определение температуры горения, концентрационных пределов распространения пламени.

1. Определить теоретическую массу и объем воздуха, необходимого для горения 1 м<sup>3</sup> горючего газа (метана) при нормальных условиях.
2. Определить теоретический объем воздуха, необходимого для горения 1 кг бензол
3. Определить объем и массу воздуха, необходимого для горения 1 кг органической массы состава: С – 60 %, Н – 5 %, О – 25 %, N – 5 %, W – 5 % (влажность), если коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 2,5$ ; температура воздуха 305 К, давление 99500 Па.

4. Определить объем воздуха, необходимого для горения 5 м<sup>3</sup> смеси газов, состоящих из 20 % CH<sub>4</sub>; 40 % C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>; 10 % CO; 5 % N<sub>2</sub> и 25 % O<sub>2</sub>, если коэффициент избытка воздуха равен 1,8.
5. Определить коэффициент избытка воздуха при горении уксусной кислоты, если на горение 1 кг поступило 3 м<sup>3</sup> воздуха
6. Определить объем воздуха, пошедшего на окисление 1 м<sup>3</sup> аммиака, если в продуктах горения содержание кислорода составило 18%.
7. Определить объем окислительной среды, состоящей из 60 % O<sub>2</sub> и 40 % N<sub>2</sub>, необходимый для горения 1 кг изопропилового спирта, если ее температура равна 295 К, давление 62,0 кПа
8. Определить массу динитротолуола, C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, сгоревшего в герметичном объеме 100 м<sup>3</sup>, если содержание кислорода в продуктах горения составило 12 %.
9. Определить массу и объем (теоретический) воздуха, необходимого для горения 1 кг метилового, этилового, пропилового и амилового спиртов. Построить график зависимости объема воздуха от молекулярной массы спирта.
10. Определить теоретический объем воздуха, необходимого для горения 1 м<sup>3</sup> метана, этана, пропана, бутана и пентана. Построить график зависимости объема воздуха от положения вещества в гомологическом ряду (содержания углерода в молекуле вещества).
11. Определить теоретическую массу воздуха, пошедшего на горение 1 кг метана, метилового спирта, муравьиного альдегида, муравьиной кислоты. Объяснить причину влияния состава вещества на объем воздуха, требуемого для их горения.
12. Определить объем и массу воздуха, пошедшего на горение 1 кг древесины состава: С – 47 %, Н – 8 %, О – 40 %, W – 5 %, если коэффициент избытка воздуха равен 2,8; давление 900 ГПа, температура 285 К.
13. Сколько воздуха, кг, поступило на горение 1 кг углерода, если в продуктах горения содержание кислорода составило 17 %?
14. Сколько воздуха, кг, требуется подать на сжигание 200 м<sup>3</sup> генераторного газа состава: СО – 29 %, H<sub>2</sub> – 14 %, CH<sub>4</sub> – 3 %, CO<sub>2</sub> - 6,5 %, N<sub>2</sub> - 45 %, O<sub>2</sub> - 2,5 %, если коэффициент избытка воздуха равен 2,5?
15. Определить количество сгоревшего толуола, кг, в помещении объемом 400 м<sup>3</sup> если после пожара при отсутствии газообмена установлено, что содержание кислорода снизилось до 17 %.
16. Сколько хлора, м<sup>3</sup>, поступило на горение 300 м<sup>3</sup> водорода, если в продуктах горения избыток окислителя составил 80 м<sup>3</sup> ?
17. Определить избыток воздуха в продуктах горения газовой смеси состава: СО – 15 %, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 45 % O<sub>2</sub> – 30 %, N<sub>2</sub> – 10 %, если коэффициент избытка воздуха равен 1,9.
18. Сколько окислительной среды, м<sup>3</sup>, состоящей из 50 % кислорода и 50 % азота, необходимо для горения 8 кг этилацетата, если коэффициент избытка равен 1,2; температура 265 К, давление 850 ГПа.
19. Определить коэффициент избытка окислительной среды, состоящей из 70 % кислорода и 30 % азота, если при горении серы содержание кислорода снизилось до 55 %. Определить количество сгоревшей серы (кг), если объем помещения равен 180 м<sup>3</sup>.
20. Сколько антрацита (принять, что содержание углерода равно 100 %) сгорело в помещении объемом 150 м<sup>3</sup>, если прекращение горения наступило при снижении кислорода до 13 %. Газообмен не учитывать.
21. Рассчитать массовый и объемный расход воздуха, необходимый для горения газового фонтана дебитом 30 млн. м<sup>3</sup>/сут., состоящего из CH<sub>4</sub> – 80 %, CO<sub>2</sub> – 10 %, H<sub>2</sub>S – 5 %, O<sub>2</sub> – 5 % при температуре воздуха 27 оС и давлении 105 кПа.
22. Определить объем и состав (% об.) продуктов горения 1 м<sup>3</sup> этилена, пропилена, бутилена, если температура горения 1800 К, давление 98 000 Па. Построить график зависимости объема продуктов горения и содержания отдельных компонентов от молекулярной массы горючего.

23. Определить объем продуктов горения и содержание паров воды и кислорода при горении 1 кг гексана, гептана, октана, декана, если температура горения 1300 К, давление 10 1325 ГПа, коэффициент избытка 22 воздуха при горении 1,8. Построить график зависимости объема продуктов горения и содержания кислорода от молекулярной массы горючего.

24. Определить объем и состав продуктов горения 10 кг древесины состава С – 49 %, Н – 6 %, О – 44 %, N – 1 %, если температура горения 1250 К, коэффициент избытка воздуха 1,6. 4. Сколько продуктов горения, приведенных к нормальным условиям, образуется в результате сгорания 25 м<sup>3</sup> газовой смеси состава Н<sub>2</sub> – 45 %, С<sub>4</sub>Н<sub>10</sub> – 20 %, СО – 5 %, NH<sub>3</sub> – 15 %, О<sub>2</sub> – 15 %, если горение протекало при коэффициенте избытка воздуха, равном 3,2?

25. Определить, сколько сырой нефти состава: С – 85 %, Н – 10 %, S – 5 % выгорело в объеме 2500 м<sup>3</sup>, если содержание сернистого газа составило 2,5 м<sup>3</sup>. Рассчитать, при каком содержании кислорода наступило прекращение горения.

26. Через какое время содержание СО<sub>2</sub> в помещении объемом 300 м<sup>3</sup> в результате горения гексанола с поверхности 8 м<sup>2</sup> составит 7 %? Массовая скорость выгорания гексана 0,06 кг/(м<sup>2</sup> × с).

27. Определить содержание SO<sub>2</sub> (% об.) в объеме 1200 м<sup>3</sup> на 0,5 м<sup>2</sup> и 4 мин горения нефти состава: С – 82 %, Н – 8 %, S – 10 %, если ее скорость выгорания с площади 5 м<sup>2</sup> составила 0,4 кг/(м<sup>2</sup> × с). Построить график зависимости содержания сернистого газа от времени горения.

28. Определить объем выделившихся на 5-й мин после воспламенения продуктов горения газовой смеси состава: С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub> – 30 %, Н<sub>2</sub> – 22 %, О<sub>2</sub> – 15 %, Н<sub>2</sub>S – 18 %, СО<sub>2</sub> – 15 % и содержание двуокиси углерода, если коэффициент избытка воздуха – 1,5, температура горения 1300 К. Расход газа 5 м<sup>3</sup>/с, температура газа 295 К.

29. Определить низшую теплоту сгорания 1 м<sup>3</sup> этана, пропана, бутана, пентана и гексана. Построить зависимость Q<sub>н</sub> от молекулярной массы горючего. Теплота образования горючих веществ: этана - 88,4 кДж/моль, пропана - 109,4 кДж/моль, бутана - 232,4 кДж/моль, пентана - 184,4 кДж/моль, гексана - 211,2 кДж/моль.

30. Рассчитать теплоту сгорания 1 м<sup>3</sup> ацетилено-воздушной смеси на нижнем и верхнем концентрационных пределах воспламенения, а также при стехиометрической концентрации. Концентрационные пределы воспламенения (КПВ) ацетилена равны 2,0-81,0 %.

**Примечание.** Построить график зависимости низшей теплоты сгорания от концентрации горючего в воздухе. При расчете теплоты сгорания смеси на ВКПВ необходимо учесть, что только часть горючего способна полностью окислиться в воздухе, остальное количество горючего не вступит в реакцию горения вследствие недостатка окислителя.

31. Определить низшую теплоту сгорания 1 кг древесины состава С – 49 %, Н – 8 %, О – 43 %. Какова удельная интенсивность тепловыделения на пожаре, если массовая скорость выгорания составляет 0,01 кг/(м<sup>2</sup> × с)?

32. Для условия предыдущей задачи определить изменение теплоты сгорания и удельной интенсивности тепловыделения при содержании влаги в древесине (сверх 100 %) в количестве 3, 5, 10 и 15 %. Скорость выгорания влажной древесины соответственно снизится до 0,009, 0,008, 0,006 и 0,005 кг/(м<sup>2</sup> × с). Построить график зависимости Q<sub>н</sub> и q от содержания влаги в горючем материале.

**Примечание.** Для решения задачи необходимо пересчитать состав древесины с учетом влаги таким образом, чтобы содержание всех компонентов равнялось 100%.

33. Определить адиабатическую температуру горения этилового спирта в воздухе. По предельной теплоте сгорания определить нижний концентрационный предел воспламенения бутана в воздухе.

34. Определить концентрационные пределы воспламенения этилена в воздухе.

35. Определить концентрационные пределы воспламенения насыщенных паров метанола в воздухе, если известно, что его температурные пределы составляют 280 - 312 К. Атмосферное давление нормальное.

36. Определить концентрационные пределы воспламенения газовой смеси, состоящей 40 % пропана, 50 % бутана и 10 % пропилена.

37. Каково минимальное количество диэтилового эфира, кг, способное при испарении в емкости объемом 350 м<sup>3</sup> создать взрывоопасную концентрацию?

38. Определить, возможно ли образование взрывоопасной концентрации в объеме 50 м<sup>3</sup> при испарении 1 кг гексана, если температура окружающей среды 300 К.

### Контрольная работа 2

В помещении со строительным объемом  $V_{стр}$  находится реактор, объемом  $V_p$ . В реакторе - горючий газ под давлением  $P_1$ , молярная масса –  $M$ . Определить избыточное давление  $\Delta P$ , которое возникнет в помещении. в качестве расчетного варианта аварии принимается разгерметизация реактора и поступление его в объем помещения. Максимальная абсолютная температура воздуха в районе  $t_b$ , °С. Максимальное давление составляет  $P_{max}$ . Исходные данные приведены в таблице.

Таблица

№ вар.	Вещество	$V_{стр}, м^3$	$V_p, л$	$P_1, МПа$	$M, кг/кмоль$	$P_{max}, МПа$
1	водород	200	500	0,5	2,016	0,730
2	ацетилен	300	800	0,6	26,038	1,009
3	метан	150	200	0,8	16,04	0,706
4	пропан	400	1000	1	44,1	0,843
5	бутан	100	50	1,2	58,12	0,843
6	этилен	200	350	0,2	28,05	0,830
7	формальдегид	300	700	1,4	30,03	0,900
8	сероводород	150	300	1,6	34,08	0,500
9	триметиламин	400	600	0,5	59,11	0,900
10	водород	100	80	0,6	2,016	0,730
11	ацетилен	200	500	0,8	26,038	1,009
12	метан	300	800	1	16,04	0,706
13	пропан	150	200	1,2	44,1	0,843
14	бутан	400	1000	0,2	58,12	0,843
15	этилен	100	50	1,4	28,05	0,830

### 3.3 Кейсы 1-3

#### Кейс 1

1. Определить низшую теплоту сгорания уксусной кислоты, если теплота ее образования 485,6 кДж/моль.

2. Рассчитать низшую теплоту сгорания органической массы состава: С – 62 %, Н – 8 %, О – 28 %, S – 2 %.

3. Определить низшую теплоту сгорания газовой смеси, состоящей из CH<sub>4</sub> – 40 %, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 20 %, O<sub>2</sub> – 15 %, H<sub>2</sub>S – 5 %, NH<sub>3</sub> – 10 %, CO<sub>2</sub> – 10 %.

4. Рассчитать теплоту сгорания 1 м<sup>3</sup> стехиометрической гексано-воздушной смеси.

5. Определить интенсивность тепловыделения, кВт, при горении газовой смеси состава: CO – 15 %, C<sub>4</sub>H<sub>8</sub> – 40 %, O<sub>2</sub> – 20 %, H<sub>2</sub> – 14 %, CO<sub>2</sub> – 11 %, если скорость истечения 0,8 м<sup>3</sup>/с.

6. Определить интенсивность тепловыделения на пожаре органической массы (состав в примере 2), если скорость выгорания 0,015 кг/(м<sup>2</sup>×с), а площадь пожара 150 м<sup>2</sup>.

7. Определить адиабатическую температуру горения органической массы, состоящей из C – 60 %, H – 7 %, O – 25 %, W – 8 %.

12. Рассчитать действительную температуру горения фенола ( $DH_{обр} = 4,2$  кДж/моль), если потери тепла излучением составили

25 % от  $Q_H$ , а коэффициент избытка воздуха при горении 2,2.

8. Рассчитать температуру взрыва метановоздушной смеси стехиометрического состава.

9. Определить, как изменяется адиабатическая температура горения в гомологическом ряду предельных углеводородов (на примере метана, пропана, пентана и гептана). Построить график зависимости температуры горения от молекулярной массы горючего вещества.

10. Определить, как изменяется адиабатическая температура горения древесины состава: C – 49 %, H – 8 %, O – 43 %, если содержание влаги (сверх 100 %) составляет 0, 5, 15 %. Построить график зависимости температуры горения от влажности горючего.

**Примечание.** При решении задачи необходимо состав древесины пересчитать так, чтобы количество всех компонентов (в том числе и воды) составляло 100 %.

11. Определить, как изменится адиабатическая температура горения бензола в воздухе и окислительной среде, содержащей 25, 30, и 40% кислорода. Построить график зависимости температуры горения от содержания кислорода.

12. Рассчитать действительную температуру горения газовой смеси, состоящей из 45 % H<sub>2</sub>, 30 % C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, 15 % O<sub>2</sub>, 10 % N<sub>2</sub>, если потери тепла составили 30 % от  $Q_H$ , а коэффициент избытка воздуха при горении равен 1,8.

13. Определить количество сгоревшего антрацита (C = 100 %) в помещении объемом 180 м<sup>3</sup>, если среднеобъемная температура возросла с 305 до 625 К.

14. Рассчитать действительную температуру горения бутановоздушной смеси стехиометрической концентрации на нижнем концентрационном пределе воспламенения (1,9 % бутана и 98,1 % воздуха), если потери тепла излучением составили 20 % от низшей теплоты сгорания.

15. Определить, как изменится температура горения ацетилена при разбавлении его азотом в количестве 10, 20, 30 %, если потери тепла излучением составляют 25 % от низшей теплоты сгорания, коэффициент избытка воздуха 1,2. Построить график зависимости температуры от содержания азота в ацетилене.

16. Определить время горения толуола, при котором температура в помещении объемом 400 м<sup>3</sup> повысится с 295 до 375 К, если скорость его выгорания 0,015 кг/(м<sup>2</sup>×с), а площадь пожара 50 м<sup>2</sup>. При расчете пренебречь приращением объема продуктов горения над расходуемым воздухом.

17. По предельной теплоте сгорания определить, как изменится нижний концентрационный предел воспламенения в воздухе от положения предельных углеводородов (этан, пропан, бутан, гептан, гексан) в гомологическом ряду. Построить график зависимости НКПВ от молекулярной массы горючего.

18. По аппроксимационной формуле рассчитать, как изменяются концентрационные пределы жирных спиртов (метилового, этилового, гексилового, октилового) в воздухе. Построить график зависимости нижнего и верхнего пределов воспламенения от молекулярной массы горючего.

19. Определить концентрационные пределы воспламенения сероуглерода при атмосферном давлении, равном 99000 Па, если его температурные пределы составляют 223-299 К.

20. Рассчитать концентрационные пределы воспламенения бензола, если его температурные пределы составляют 259–283 К. Определить ошибку расчета.

21. Определить концентрационные пределы воспламенения парогазовой смеси, состоящей из 20 % этана, 60 % этилена 20 % паров этилового спирта.

### Кейс 2

1. Определить ТПВ метилового спирта, если температура его кипения равна 65° С.

2. Определить температурные пределы воспламенения ацетона, если его концентрационные пределы в воздухе равны 2,2 - 13,0 %. Атмосферное давление - нормальное.

3. Определить температурные пределы воспламенения в гомологическом ряду жирных углеводородов: бутан, пентан, гексан, октан, температуры кипения которых соответственно равны 273,5, 309, 341,7, 398,7 К. Построить график изменения ТПВ от положения горючего в гомологическом ряду.

4. Сравнить температурные пределы воспламенения n-бутиловых эфиров муравьиной и уксусной кислот. На основании полученных данных сделать вывод об их сравнительной пожарной опасности. Температура кипения бутилформиата равна 379,8 К, а бутилацетата 399 К.

5. Определить температурные пределы воспламенения бутил- бензола по его концентрационным пределам. Значения последних рассчитать по аппроксимационной формуле.

6. По концентрационным пределам воспламенения, значения которых следует установить по аппроксимационной формуле, определить температурные пределы воспламенения ацетона и метиэтилкетона. По результатам расчета сделать вывод о сравнительной пожарной опасности этих веществ.

7. Определить температурные пределы воспламенения в гомологическом ряду жирных углеводородов: бутан, пентан, гексан, октан, температуры кипения которых соответственно равны 273,5, 309, 341,7, 398,7 К. Построить график изменения ТПВ от положения горючего в гомологическом ряду.

8. Сравнить температурные пределы воспламенения n-бутиловых эфиров муравьиной и уксусной кислот. На основании полученных данных сделать вывод об их сравнительной пожарной опасности. Температура кипения бутилформиата равна 379,8 К, а бутилацетата 399 К.

9. Определить температурные пределы воспламенения бутил- бензола по его концентрационным пределам. Значения последних рассчитать по аппроксимационной формуле.

10. По концентрационным пределам воспламенения, значения которых следует установить по аппроксимационной формуле, определить температурные пределы воспламенения ацетона и метиэтилкетона. По результатам расчета сделать вывод о сравнительной пожарной опасности этих веществ.

### Кейс 3

1. По формуле В.И. Блинова определить температуру вспышки в открытом сосуде уксусно-метилового эфира.

2. По формуле В.И. Блинова рассчитать температуру воспламенения бензола.

3. По формуле Элея рассчитать температуру вспышки 2-метилгексана ( $t_{КИП} = 90,1$  оС).

4. Рассчитать температуру вспышки в закрытом тигле стирола ( $C_8H_8$ ) по формулам В.И. Блинова и Элея. Оценить точность расчета, если ТВС стирола по справочным данным равна 303 К.

5. Определить температуру вспышки в закрытом тигле акриловой кислоты по формулам В.И. Блинова и Элея.

6. В результате аварии на автодороге, проходящей по открытой местности, в безветренную погоду произошел взрыв автоцистерны, содержащей 8 т сжиженного пропана. Для

оценки максимально возможных последствий принято, что в результате выброса газа в пределах воспламенения оказалось практически все топливо, перевозившееся в цистерне. Средняя концентрация пропана в образовавшемся облаке составила около 140 г/м<sup>3</sup>. Расчетный объем облака составил 57000 м<sup>3</sup>. Воспламенение облака привело к возникновению взрывного его превращения. Требуется определить параметры воздушной ударной волны на расстоянии 100 м от места аварии, а также величины зон поражения ударной волной человека, зданий и сооружений

### 3.3. Индивидуальные задания 1-3.

#### Индивидуальное задание 1.

Расчитать температуру горения, объем и массу окислительной среды, необходимые для горения *i*-го горючего вещества.

Таблица

Номер варианта	Горючее вещество	Формула	Масса, кг	Состав окислительной среды	Условия горения
1	Диэтиловый спирт	$(C_2H_5)_2O$	1	Воздух	$T_r = 1500 \text{ К}$ $P = 101400 \text{ Па}$ $\alpha = 2,5$ $\eta = 0,15$
2	Уксусная кислота	$C_2H_4O_2$	5	Воздух	$T_r = 1200 \text{ К}$ $P = 98000 \text{ Па}$ $\alpha = 2,6$ $\eta = 0,4$
3	Сплав	Mg – 20% Al – 80%	1	Воздух	$T_r = 2800 \text{ К}$ $P = 95000 \text{ Па}$ $\alpha = 1,6$
4	Смесь газов	CH <sub>4</sub> -20% C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> -65% O <sub>2</sub> – 15%	1	Воздух	$T_r = 1480 \text{ К}$ $P = 101300 \text{ Па}$ $\alpha = 2,4$
5	Октиловый спирт	$C_8H_{18}O$	10	Воздух	$T_r = 1320 \text{ К}$ $P = 102000 \text{ Па}$ $\alpha = 2,5$ $\eta = 0,15$
6	Сложное вещество	C-90% H -5% O-5%	1	Воздух	$T_r = 1320 \text{ К}$ $P = 97000 \text{ Па}$ $\alpha = 1,6$ $\eta = 0,2$
7	Смесь газов	NH <sub>3</sub> – 10% C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> – 80% N <sub>2</sub> – 7% O <sub>2</sub> -3%	1	Воздух	$T_r = 1600 \text{ К}$ $P = 101300 \text{ Па}$ $\alpha = 1,2$ $\eta = 0,2$
8	Анилин	$C_6H_7N$	1	Воздух	$T_r = 1550 \text{ К}$ $P = 94000 \text{ Па}$ $\alpha = 1,7$
9	Диэтиловый спирт	$(C_2H_5)_2O$	25	Воздух	$T_r = 1600 \text{ К}$ $P = 101300 \text{ Па}$ $\alpha = 1,4$ $\eta = 0,15$
10	Смесь газов	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> -25% O <sub>2</sub> -5% CO – 70%	1	O <sub>2</sub> - 42% N <sub>2</sub> – 58%	$T_r = 1400 \text{ К}$ $P = 101300 \text{ Па}$ $\alpha = 2,5$ $\eta = 0,1$
11	Нитробензол	$C_6H_5NO_2$	2	Воздух	$T_r = 1800 \text{ К}$

					$P = 87000\text{Па}$ $\alpha=1,8$ $\eta=0,2$
12	Сложное вещество	C-70% H-6% O-14% W -10%	1	Воздух	$T_r = 1300\text{ К}$ $P = 97000\text{Па}$ $\alpha=1,3$
13	Смесь газов	CH <sub>4</sub> -60% H <sub>2</sub> -10% CO <sub>2</sub> – 30%	1	Воздух	$T_r = 1500\text{ К}$ $P = 101300\text{Па}$ $\alpha=1,2$ $\eta=0,15$
14	Диметиловый эфир	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O	10	O <sub>2</sub> - 30% N <sub>2</sub> – 70%	$T_r = 1800\text{ К}$ $P = 87000\text{Па}$ $\alpha=1,8$ $\eta=0,2$
15	Глицерин	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	1	O <sub>2</sub> - 27% N <sub>2</sub> – 73%	$T_r = 1600\text{ К}$ $P = 101300\text{Па}$ $\alpha=2,1$ 0,3

### Индивидуальное задание 2

Рассчитать температуру вспышки (воспламенения) *i*-го вещества.

Сравнить вычисленные значения температуры вспышки (воспламенения) с имеющимися справочными данными и оценить погрешность расчета.

Номер варианта	Горючее вещество	Химическая формула	Условие задачи
1	Уксусный альдегид	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
2	Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
3	Пропилбензол	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
4	Окись этилена	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
5	Сероуглерод	CS <sub>2</sub>	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
6	Метиловый спирт	CH <sub>4</sub> O	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
7	Толуол	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
8	Этилбензол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
9	Диэтиловый эфир	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	Температура вспышки в



			открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
10	Метилэтилкетон	$C_4H_8O$	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
11	Бутилформиат	$C_5H_{10}O_2$	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
12	Амиловый спирт	$C_5H_{12}O$	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
13	Бутиловый спирт	$C_4H_{10}O$	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
14	Октан	$C_8H_{18}$	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения
15	Этилциклопентан	$C_7H_{14}$	Температура вспышки в открытом, закрытом тигле, температура самовоспламенения

### Индивидуальное задание 3

1. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 50 кг ацетилен;  
 стехиометрическая концентрация - 0,096 кг/м<sup>3</sup> ;  
 концентрационный предел воспламенения - 0,03 кг/м<sup>3</sup>;  
 удельная теплота сгорания - 49,9 МДж/кг;  
 пространство средне загроможденное;  
 расстояние от центра облака до помещения цеха 22 м.

2. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 40 кг метанола;  
 стехиометрическая концентрация - 0,17 кг/м<sup>3</sup> ;  
 концентрационный предел воспламенения - 0,1 кг/м<sup>3</sup>;  
 удельная теплота сгорания – 23,83 МДж/кг;  
 пространство средне загроможденное;  
 расстояние от центра облака до помещения цеха 27 м.

3. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 60 кг ацетальдегида;  
 стехиометрическая концентрация - 0,15 кг/м<sup>3</sup> ;  
 концентрационный предел воспламенения - 0,08 кг/м<sup>3</sup>;

удельная теплота сгорания – 26,8 МДж/кг;  
пространство слабо загроможденное;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 20 м.

4. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 50 кг аммиака;  
стехиометрическая концентрация - 0,13 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,115 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 18,6 МДж/кг;  
пространство сильно загроможденное;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 10 м.

5. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 30 кг бензола;  
стехиометрическая концентрация - 0,1 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,05 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 40,6 МДж/кг;  
наличие длинных труб;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 15 м.

6. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 40 кг бутана;  
стехиометрическая концентрация - 0,08 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,05 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 45,7 МДж/кг;  
пространство средне загроможденное;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 14 м.

7. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 10 кг водорода;  
стехиометрическая концентрация - 0,03 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,004 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 120,8 МДж/кг;  
пространство сильно загроможденное;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 50 м.

8. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 30 кг винилхлорида;  
стехиометрическая концентрация - 0,21 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,1 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 18,5 МДж/кг;

наличие длинных труб;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 24 м.

9. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 15 кг гидразина;  
стехиометрическая концентрация - 0,42 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,07 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 14,6 МДж/кг;  
пространство сильно загроможденное;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 25 м.

10. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 24 кг метиламина;  
стехиометрическая концентрация - 0,13 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,07 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 33,4 МДж/кг;  
пространство средне загроможденное;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 9 м.

11. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 20 кг метилацетата;  
стехиометрическая концентрация - 0,2 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,11 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 20 МДж/кг;  
пространство средне загроможденное;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 9 м.

12. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 30 кг изопропилового спирта;  
стехиометрическая концентрация - 0,12 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,06 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 34,2 МДж/кг;  
пространство сильно загроможденное;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 14 м.

13. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 25 кг нитрометана;  
стехиометрическая концентрация - 0,72 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,17 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 12 МДж/кг;  
пространство сильно загроможденное;

расстояние от центра облака до помещения цеха 10 м.

14. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 12 кг пропилена;  
стехиометрическая концентрация - 0,08 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,045 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 45,6 МДж/кг;  
наличие длинных труб;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 15 м.

15. Определить степень и условную вероятность поражения здания цеха и расположенного в нем персонала при взрыве облака ТВС, а также определить радиусы зон различной степени поражения ударной волной людей и повреждений промышленных зданий при следующих условиях:

в облаке содержится 20 кг этана;  
стехиометрическая концентрация - 0,075 кг/м<sup>3</sup> ;  
концентрационный предел воспламенения - 0,04 кг/м<sup>3</sup>;  
удельная теплота сгорания – 52,4 МДж/кг;  
пространство сильно загроможденное;  
расстояние от центра облака до помещения цеха 15 м.

### **3.4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Шкала оценивания «зачтено», «не зачтено»