

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор, проректор
по УР

_____ А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.06

Теория горения и взрыва

Учебный план: 2026-2027 20.03.01 ИФСТЗ КНДвСТ ОО №1-1-179.plx

Кафедра:

18

Инженерной химии и промышленной экологии

Направление подготовки:
(специальность)

20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль подготовки:
(специализация)

Контрольно-надзорная деятельность в сфере труда

Уровень образования:

бакалавриат

Форма обучения:

очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
3	УП	16	32	69	27	4	Экзамен
	РПД	16	32	69	27	4	
Итого	УП	16	32	69	27	4	
	РПД	16	32	69	27	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, утвержденным приказом Минобрнауки России от 25.05.2020 г. № 680

Составитель (и):

к.т.н., доцент

Власов Павел

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и
промышленной экологии

Бусыгин Николай Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Бусыгин Николай Юрьевич

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать у будущего специалиста представления об опасных свойствах веществ, о законах классического взрыва и горения, чтобы правильно формулировать законы, управляющие горением, организовывать профилактические меры против возникновения самовоспламенения, самовозгорания, меры по снижению интенсивности неуправляемого горения.

1.2 Задачи дисциплины:

- приобретение студентами знаний, способствующих адекватной качественной оценке процессов горения и взрыва в конкретных технологических условиях;
- освоение методов расчёта характеристик смесей различных горючих веществ, составления балансов процесса горения любого вида топлива, технологических методов расчета процесса горения;
- формирование навыков, необходимых для количественного определения физико-химических параметров горения и взрыва.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Математика

Основы органической химии

Общая и неорганическая химия

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1: Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека;
Знать: особенности горения и взрыва как физико-химического процесса; особенности тепловой цепной и диффузионной теории горения; виды горения, особенности горения газов, жидкостей, твердых горючих веществ, пиротехнических составов, металлизированных смесей и взрывчатых веществ; законы распространения пламени, условия самовоспламенения, самовозгорания и зажигания, условия перехода нормального горения во взрыв.
Уметь: проводить анализ изменения параметров горения в зависимости от различных факторов; производить оценку параметров детонационного взрыва.
Владеть: инженерными методами расчетов определения основных показателей горения газов, жидкостей и твердых веществ; навыками определения основных показателей пожарной опасности веществ и материалов (концентрационные пределы распространения пламени, температуру вспышки, температуру самовоспламенения и др.).

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Горение - основной процесс на пожаре, физико-химическая природа процессов горения и взрыва, их классификация.	3					3
Тема 1. Введение (исторический обзор науки о горении, предмет ее изучения, связь с другими дисциплинами). Определение горения. Механизм химических реакций при горении. Влияние различных факторов на скорость химических реакций при горении. Основные процессы, происходящие при горении. Практические занятия. Расчет расхода воздуха на горение		2	4	5		
Тема 2. Определение пламени и процессы в нем происходящие, виды и режимы горения. Распространение пламени в пространстве – дефлаграция и детонация. Характеристика участников процесса горения. Опасные факторы пожара и их воздействие на человека. Практические занятия. Расчет объема продуктов сгорания		2	4	5		
Раздел 2. Материальный и тепловой баланс процесса горения						3
Тема 3. Уравнение материального баланса. Количественная оценка горючих веществ. Расход воздуха на горение. Расчет количества и состава продуктов горения. Дым и его основные свойства. Практические занятия. Расчет теплоты горения. Расчет температуры горения		1	3	5		
Тема 4. Уравнение теплового баланса процесса горения. Расчет теплоты горения. Расчет температуры горения. Энергетика пожара. Динамика развития пожара. Практические занятия. Температурные и концентрационные пределы воспламенения.		1	3	6		
Раздел 3. Самовоспламенение и самовозгорание.						3
Тема 5. Радикально-цепной механизм процессов окисления и его основные закономерности. Элементы тепловой теории самовоспламенения горючих смесей. Температура самовоспламенения как показатель пожарной опасности, практическое значение и методы ее определения. Практические занятия. Расчет температуры самовоспламенения		2	4	5		

Тема 6. Определение самовозгорания и самонагревания. Механизм процессов теплового самовозгорания веществ. Практические занятия. Температура вспышки и воспламенения		2	4	5		
Раздел 4. Самовозгорание жидких, твердых органических соединений. Химическое самовозгорание. Вынужденное зажигание парогазовых горючих систем.						
Тема 7. Самовозгорание жиров и масел. Самовозгорание углей и продуктов растительного происхождения. Самовозгорание химических веществ. Практические занятия. Расчет температуры и давления взрыва в закрытом объеме		2	3	5		
Тема 8. Основные понятия и механизм зажигания. Элементы тепловой теории зажигания. Особенности зажигания паровоздушных смесей нагретой поверхностью. Основные виды и характеристики источников зажигания. Зажигание электрической искрой. Минимальная энергия зажигания, зависимость ее от некоторых факторов, практическое применение. Практические занятия. Расчет температуры и давления взрыва для горючей смеси нестехиометрического состава		2	3	5		3
Раздел 5. Горение газопаровоздушных и пылевоздушных смесей.						
Тема 9. Общие положения. Кинетический режим горения газопаровоздушных смесей. Тепловая теория распространения пламени. Влияние различных факторов на скорость распространения пламени. Зависимость КПР от химической природы горючего вещества. Практические занятия. Расчет размеров зоны, ограниченной нижним концентрационным пределом распространения пламени		1	2	14		3
Тема 10. Предельные режимы дефлаграционного горения. Взрывы, возникновение ударных волн. Особенности детонации газопаровоздушных систем. Тротиловый эквивалент. Практические занятия. Расчет избыточного давления взрыва в производственном помещении		1	2	14		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		16	32	69		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		24,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		50,5		93,5		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-1	Формулирует основные физико-химические свойства горючих газообразных, жидких и твердых веществ, закономерности процессов горения, механизмы возбуждения детонации и ее распространения в различных средах, гидродинамическую теорию ударной волны; мероприятия по предупреждению возгорания и детонации пожаровзрывоопасных веществ. Определяет условия теплового самовоспламенения, самовозгорания и зажигания, распространения пламени по поверхности жидкостей и твердых горючих материалов, механизм их выгорания, основные показатели пожарной опасности веществ и материалов (концентрационные пределы распространения пламени, температуру вспышки, температуру самовоспламенения и др.), параметры горения и взрыва, переход нормального горения во взрыв. Прогнозирует и оценивает степень пожаро- и взрывоопасности органических и неорганических веществ разного агрегатного состояния, возможные последствия пожаров и взрывов, объем и состав продуктов горения, теплоту сгорания и температуру горения, изменения параметров горения в зависимости от различных факторов Применяет методы расчета материальных и тепловых балансов при горении веществ, предсказания протекания возможных химических реакций в техносфере по термодинамическим потенциалам и способами решения проблем техносферной безопасности.	Вопросы для устного собеседования Практико-ориентированные задания

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу	
4 (хорошо)	Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки	
3 (удовлетворительно)	Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам.	
2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Попытка списывания, использование неразрешенных технических устройств	

	или пользование подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки)	
--	---	--

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 3	
1	1. Понятие о процессе горения.
2	2. Условия необходимые для возникновения и протекания процесса горения
3	3. Виды веществ и материалов по их горючести.
4	4. Виды горения в зависимости от агрегатного состояния исходных веществ (горючего и окислителя).
5	5. Группы горения по скорости распространения пламени.
6	6. Виды горючих систем (однородные и неоднородны системы).
7	7. Виды процессов горения.
8	9. Классификация пожаров по виду горючего материала
9	10. Классификация жидкостей по пожарной опасности в зависимости от температуры вспышки.
10	11. Температура вспышки.
11	12. Температура воспламенения и температура самовоспламенения.
12	13. Химизм реакции горения.
13	14. Виды горения по характеру движения газов (ламинарное и турбулентное горение).
14	15. Виды горения по подготовленности горючей смеси (кинетическое и диффузионное горение(взрыв)).
15	16. Горения жидкостей. Виды горения жидкостей.
16	17. Пламя. Строение пламени.
17	18. Механизм горения твердых веществ и материалов.
18	19. Виды горения по агрегатному состоянию горючего вещества.
19	20. Виды горения по степени сгорания горючего вещества (полное и неполное горение).
20	21. Концентрационные пределы (воспламенения). (НКПВ и ВКПВ). распространения пламени
21	21. Концентрационные пределы (воспламенения). (НКПВ и ВКПВ). распространения пламени.
22	22. Способы и приемы прекращения горения – охлаждение зоны реакции или горящих веществ.
23	23. Способы и приемы прекращения горения – разбавление реагирующих веществ в зоне реакции негорючими веществами.
24	24. Способы и приемы прекращения горения – изолирование реагирующих веществ от зоны горения.
25	25. Способы и приемы прекращения горения – химическое торможение реакции горения
26	26. Огнетушащие вещества, их свойства и область применения.
27	27. Виды источников зажигания.
28	28. Охлаждающие огнетушащие вещества.
29	29. Изолирующие огнетушащие вещества.
30	30. Разбавляющие огнетушащие вещества.
31	31. Температура светящегося пламени.
32	32. Дым и его состав.
33	33. Материальный и тепловой баланс процессов горения
34	34. Температура воспламенения.
35	35. Температура самовоспламенения.
36	36. Минимальная энергия зажигания.
37	37. Кислородный индекс. Для каких материалов используют этот показатель пожарной опасности?
38	38. Минимальное взрывоопасное содержание кислорода.
39	39. Средства химического торможения реакции горения.
40	40. Ингибирование и флегматизация горючих материалов.
41	41. Механизм воздействия химически активных флегматизаторов.
42	42. Механизм флегматизации взрывоопасных смесей
43	43. Характеристика горения аэрогеля.
44	44. Характеристика горения аэрозоля.
45	45. Группы взрывоопасности пыли.

46	46. Основные понятия о взрывчатых веществах.
47	47. Основные формы взрывчатого превращения.
48	48. Классификация ВВ.
49	49. Иницирующие ВВ.
50	50. Бризантные (дробящие) ВВ.
51	51. Метательные (пороха) ВВ.
52	52. Пиротехнические составы.
53	53. Классификация пиротехнических составов
54	54. Классификация бризантных ВВ.
55	55. Виды порохов.
56	56. Физические взрывы.
57	57. Химические взрывы.
58	58. Классификация объемных взрывов.
59	59. Двухфазные взрывоопасные аэрозвеси.
60	60. Взрывы конденсированных ВВ.
61	61. Явление детонации.
62	62. Детонационный взрыв.
63	63. Дефлаграционный взрыв.

5.2.2 Типовые тестовые задания

не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Составить уравнения реакций горения горючих веществ в воздухе и рассчитать стехиометрические коэффициенты: а) амилбензол, аллиламин; б) бутилбензол, амилхлорнафталин; с) диамилбензол, анизол; d) дитолилметан, ацетон; е) изооктан, бензгидрол, бензимидазол; f) метилциклопентан, бензолсульфонокислота.
2. Рассчитать стандартную температуру самовоспламенения i-го горючего вещества, используя формулу определения температуры по средней длине цепи: а) 1,3-диметил-4-пропилбензол б) 2-метил-3-этилгексан с) 3,3-диметилпентан d) 3,3-диметилпентанол-1 е) 1,2-диметил-4-этилбензол f) 2-метилпропанол-2
3. Определить концентрационные пределы воспламенения по аппроксимационной формуле для следующих веществ: а) бутан, б) этан, с) пропан, d) пентан, е) гексан.
4. Определить температуру самовоспламенения 3- метилбутанола-1.
5. Определить концентрационные пределы смеси, состоящей из 10% ацетилена, 40 % бутана, 30 % этана и 20 % этилена.
6. Определить тротильный эквивалент взрыва паровоздушного облака, образовавшегося при аварийном разливе и испарении 1000 кг метана. Оценить безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны.
7. По формуле Элея рассчитать температуру вспышки 2-метилгексана (температура кипения = 90,1 °С)
8. Определить температурные пределы воспламенения ацетона, если его концентрационные пределы воспламенения в воздухе равны 2, 2-13% соответственно. Атмосферное давление нормальное.
9. Определить ТПВ в гомологическом ряду жирных углеводородов: бутан, пентан, гексан, октан, температуры кипения которых соответственно равны 273,5 К;309 К;341,7 К; 398,7 К. построить график изменения ТПВ от положения горючего в гомологическом ряду.
10. Определить низшую теплоту сгорания сернистого мазута, имеющего состав: С- 80,5 %, Н- 12,65%, S 4,1 %, О+ N-0.5%, А- 0.25%, W-2%.
11. Рассчитать объем воздуха при T= 283 К и давлении 110000 Па, необходимого для горения 10 м3 природного газа состава: CH₄- 80,5%, C₂ H₆11%, C₃H₈- 5%, N₂-3,5%.
12. Определите состав (в объемных процентах) и количество (м3) влажных продуктов сгорания при горении 10 кг сена, состава: С-45%, Н-5%, О-35,5 %, А-5%, N-1,5%, W-8%.
13. Определить температуру горения керосина состава: С-85%, Н-12%, О+N- 1%.
14. Определить температуру самовоспламенения 3- метилбутанола- 2
15. Рассчитать коэффициент горючести метиламина CH₃NH₂ и соляной кислоты HCl.
16. Рассчитать теоретический объем воздуха, необходимый для полного сгорания 5 кг этилового спирта C₂H₅OH, при температуре 10 °С, давлении 95 кПа, если горение протекало с коэффициентом избытка воздуха 1,1.
17. Сколько молей исходных веществ участвовало в реакции и сколько молей продуктов горения образовалось при полном сгорании 1 моля (кмоля) этилового спирта?
18. Определите низшую теплоту горения уксусной кислоты CH₃COOH по формуле Д. И. Менделеева.
19. Вычислить действительную температуру горения анилина C₆H₅NH₂, если потери тепла излучением составляют 20 %, а горение протекает с коэффициентом избытка воздуха 1,1.
20. По предельной теплоте сгорания определить, как изменяется нижний концентрационный предел воспламенения в воздухе от положения непредельных углеводородов (этин, пропин, бутин, гептин, гексин) в гомологическом ряду. Постройте график зависимости НКПВ от молекулярной массы горючего.
21. По предельной теплоте сгорания определить, как изменяется нижний концентрационный предел воспламенения в воздухе от положения непредельных углеводородов (этен, пропен, бутен, гептен, гексен) в гомологическом ряду. Постройте график зависимости НКПВ от молекулярной массы горючего.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная

☐

Письменная

☐

Компьютерное тестирование

☐

Иная

☐

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- время на подготовку к устному собеседованию составляет 25 минут;
- выполнение практико-ориентированного задания составляет 25 минут.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Сечин, А. И., Перминов, В. А., Назаренко, О. Б., Амелькович, Ю. А., Сечин, А. А., Задорожная, Т. А.	Теория горения и взрыва	Томск: Томский политехнический университет	2020	https://www.iprbooks hop.ru/134353.html
Эквист, Б. В.	Теория горения и взрыва	Москва: Издательский Дом МИСиС	2018	https://www.iprbooks hop.ru/84423.html
Даржания, А. Ю., Клименко, О. В.	Теория горения и взрыва	Ставрополь: Северо- Кавказский федеральный университет	2018	http://www.iprbooksh op.ru/92606.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Белин, В. А., Горбонос, М. Г., Коротков, Р. Л., Эквист, Б. В.	Теория горения и взрыва: поражающие факторы действия взрыва	Москва: Издательский Дом МИСиС	2018	https://www.iprbooks hop.ru/98240.html
Германова, Т. В.	Теория горения и взрыва	Тюмень: Тюменский индустриальный университет	2020	http://www.iprbooksh op.ru/115064.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. <http://www.pravo.gov.ru/> - официальный портал опубликования нормативных правовых актов
2. <http://www.duma.gov.ru> - сайт Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации
3. <http://www.consultant.ru> - информационно-правовой портал «КонсультантПлюс»
4. ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
5. ЭБС «СПбГУПТД», <http://publish.sutd.ru>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

AutoCAD
Интернет-тренажеры в сфере образования
Microsoft Office Standart Russian Open No Level Academic

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска