
**Областное государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение**

«Павловский технологический техникум»

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА

ОП.06 Теория горения и взрыва

Специальность: 20.02.04 Пожарная безопасность

р.п.Павловка 2020 г.

Контрольно-измерительные материалы по учебной дисциплине разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее СПО)

20.02.04 Пожарная безопасность

код *наименование специальности (уровень подготовки)*

утвержденного приказом № 354 от 20 апреля 2014 Министерства образования и науки Российской Федерации и рабочей программы

РАССМОТРЕНА
ЦМК ОПД и ПМ
(Протокол от «29» 06_2020г. №10)
Председатель Л.А.Зайцева



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УР
И.В.Колесникова

«19» 06 2020 г.

Организация-разработчик: Областное государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Павловский технологический техникум»

Разработчики:

Логинова Т.В., преподаватель ОГБПОУ ТТП

Фамилия И.О., ученая степень, звание, должность

Фамилия И.О., ученая степень, звание, должность

Содержание

1. Паспорт комплекта контрольно-измерительных средств

1.1. Область применения комплекта контрольно-измерительных средств

1.2. Сводные данные об объектах оценивания, основных показателях оценки, типах заданий, формах аттестации

1.3. Распределение типов контрольных заданий при текущем контроле знаний и на промежуточной аттестации

2. Комплект оценочных средств

2.1. Задания для проведения текущего контроля.

2.2. Задания для проведения промежуточного контроля в форме экзамена

2.3. Пакет экзаменатора

1. Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств

1. 1. Область применения комплекта контрольно-измерительных средств

Комплект оценочных средств предназначен для оценки результатов освоения ОП.06«Теория горения и взрыва»

1.2. Сводные данные об объектах оценивания, основных показателях оценки, типах заданий, формах аттестации

Таблица 1

Результаты освоения (объекты оценивания)	Основные показатели оценки результата и их критерии	Тип задания; № задания	Форма аттестации
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь.			
Осуществлять расчеты: параметров воспламенения и горения веществ	Производит расчёты параметров воспламенения и горения веществ: объём воздуха при горении, объёмы продуктов горения, температуру воспламенения, самовоспламенения, концентрационные и температурные пределы, минимальную в	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 Теоретический вопрос №7,19,24,27 Практические вопросы №21,52	Текущий контроль: контроль на практическом занятии. Текущий контроль: оперативный контроль. Промежуточная аттестация - экзамен
Осуществлять расчеты: условий взрыва горючих газов, паров горючих жидкостей, тепловой энергии при горении,	Производит расчёты минимальной флегматизирующей концентрации, взрывоопасной концентрации кислорода, температуры взрыва, энергии взрыва, тротилового эквивалента, безопасного расстояния по действию ударной волны	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 Теоретический вопрос №8-16,25,26,18,21,22,23,28 Практические вопросы №1-11,13-20,23-27,29-36,38-41,43-45,47, 53,55,57, 12,21,22,28,37,42,46	Текущий контроль: контроль на прак. занятии, оперативный контроль Промежуточная аттестация - экзамен

		,54,56	
Осуществлять расчеты: избыточного давления при взрыве	Производит расчёты избыточного давления при взрывах	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 Теоретический вопрос № 8-16,25,26,18,21,22,23,28 Практические вопросы № 1-11,13-20,23-27,29-36,38-41,43-45,47, 53,55,57, 12,21,22,28,37,42,46,54,56	
В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:			
Физико-химические основы горения;	Характеризует процесс горения с точки зрения физики и химии	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 Теоретические вопросы 1-6, 30,31	Текущий контроль: внеаудиторная работа, контроль на практическом занятии Промежуточная аттестация - экзамен
Основные теории горения,	Характеризует основные теории горения, называет их отличия	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 Теоретические вопросы 1-6, 30,31	Текущий контроль: наблюдение за работой Промежуточная аттестация - экзамен
Условия возникновения и развития процессов горения;	Характеризует треугольник огня, делает выводы о возможных способах прекращения и возникновения процессов горения	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 Теоретические вопросы 1-6, 30,31	Текущий контроль: контроль на практ. занятии, оперативный контроль Промежуточная аттестация - экзамен
Типы взрывов, классификацию взрывов,	Классифицирует взрывы, называет их основные параметры	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 Теоретические вопросы	Текущий контроль: контроль на практ. занятии, оперативный контроль Промежуточная аттестация -

		15,19,24,25,28.30,31	экзамен
Основные параметры энергии и мощности взрыва,	Даёт определение основным параметрам взрыва, тротиловому эквиваленту	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 5 Теоретические вопросы 15,19,24,25,28.30,31	Текущий контроль: контроль на практическом занятии. Текущий контроль: оперативный контроль. Промежуточная аттестация - экзамен
Принципы формирования формы ударной волны;	Характеризует основные способы формирования ударной волны и её действие на объекты	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 5 Теоретические вопросы 15,19,24,25,28.30,31	Текущий контроль: контроль на практическом занятии. Текущий контроль: оперативный контроль. Промежуточная аттестация - экзамен
Горение как основной процесс на пожаре, виды и режимы горения;	Даёт определение процесса горения, пожара, определяет виды и режимы горения, ,	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 5 Теоретические вопросы 1-6, 30,31	Текущий контроль: контроль на практическом занятии. Текущий контроль: оперативный контроль. Промежуточная аттестация - экзамен
Механизм химического взаимодействия при горении; физико-химические и физические процессы и явления, сопровождающие горение;	составляет уравнения горения, называет продукты горения, характеризует продукты полного и неполного горения	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 5	Текущий контроль: контроль на практическом занятии. Текущий контроль: оперативный контроль. Промежуточная аттестация - экзамен
Показатели пожарной опасности веществ и материалов и методы их определения;	Называет показатели пожарной опасности для различных горючих веществ, определяет их аналитическим и расчётными способами	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 5 Теоретические вопросы № 8-16,25,26,18,21,22,23,28 Практические	Текущий контроль: контроль на практическом занятии. Текущий контроль: оперативный контроль. Промежуточная аттестация - экзамен

		вопросы 1-58	
Материальный и тепловой балансы процессов горения;	Составляет уравнения реакций горения, расставляет коэффициенты, находит низшую теплоту сгорания вещества различными способами	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 Теоретические вопросы №8-16,25,26,18,21,22,23,28 Практические вопросы 1-58	Текущий контроль: контроль на практическом занятии. Текущий контроль: оперативный контроль. Промежуточная аттестация - экзамен
Возникновение горения по механизмам самовоспламенения и самовозгорания, вынужденного воспламенения;	Даёт определения самовоспламенения, самовозгорания, вынужденного воспламенения, называет их отличия и сходства	№1,2,3,4,5,6,7,8,9,15 Теоретические вопросы №8-16,25,26,18,21,22,23,28 Практические вопросы 1-58	Текущий контроль: контроль на практическом занятии. Текущий контроль: оперативный контроль. Промежуточная аттестация - экзамен
Распространение горения по газам, жидкостям и твердым материалам;	Рассказывает о сущности процесса распространения горения по газам, жидкостям и твёрдым веществам	№11,12,13,14,16,17,18,19,20 Теоретические вопросы №8-16,25,26,18,21,22,23,28 Практические вопросы 1-58	Текущий контроль: контроль на практическом занятии. Текущий контроль: оперативный контроль. Промежуточная аттестация - экзамен
Предельные явления при горении и тепловую теорию прекращения	Называет предельные явления при горении, характеризует тепловую теорию прекращения горения	№11,12,13,14,16,17,18,19,20 Теоретические вопросы №21-30	Текущий контроль: контроль на практическом занятии. Текущий контроль: оперативный контроль.

				заадч)		рети ческ ое	е
Тема 1.1.Горение. Условия возникновения, развития и прекращения горения. Виды и режимы горения.	№15	№2	№8		№1	1-2	-
Тема 1.2.Материальный и тепловой баланс процессов горения.	№15		№8	№4, №6, №7	№3, №5	3	6,8,11,20
Тема 2.1 Воспламенение и самовоспламенение.	№15	№9				4-6	10
Тема 2.2.Самовозгорание.	№15				№10	7	-
Тема 3.1.Горение газов	№15	№11,№12,№13,№14				8-10	2,5,7,13,15
Тема 3.2. Горение пылей					№16	12-13	-
Тема 4.1.Горение жидкостей		№18		№17		14-15	3,4,16,24
Тема 5.1.Горение твёрдых веществ и		№19		№20		16-20	1,14

материалов.							
Тема 6.1.Прекращение горения		№21,№ 23,№25		№22,№24	№26	21- 30	9,12,17,18,19 ,21,22,23,25

2. Комплект оценочных средств

2.1. Задания для проведения текущего контроля.

Тема 1.1. Горение. Условия возникновения, развития и прекращения горения.

Виды и режимы горения.

ЗАДАНИЕ (внеаудиторная работа) №1

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

1. Повторить теоретическую часть «Составление уравнений горения и расстановка стехиометрических коэффициентов»
2. Самостоятельно составить уравнения реакций горения и расставить в них коэффициенты

СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ РЕАКЦИЙ ГОРЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

Горением называется сложный физико-химический процесс, представляющий собой окислительно-восстановительную реакцию между горючим веществом и окислителем, сопровождающийся выделением тепла и излучением света. Для горения необходимо наличие трёх составляющих: горючего вещества; окислителя (кислород воздуха, озон, перекись водорода, галогены, перманганат калия, хромовый ангидрид и т. д.) и благоприятствующего фактора (источник зажигания; физико-химический или биологический процесс, протекающий с выделением тепла, нагретая поверхность). С точки зрения электронной теории, горение – это перераспределение валентных электронов между горючим веществом и окислителем.

Горючим веществом называется вещество, атомы (молекулы) которого способны отдавать в процессе реакции свои валентные электроны. Горючее вещество в процессе реакции окисляется, образуя продукты окисления. Окислителем называется вещество, атомы (молекулы) которого способны присоединять валентные электроны в процессе реакции. Окислитель в ходе реакции восстанавливается. Процесс горения как одна из форм химического взаимодействия атомов и молекул может по-настоящему понятен только на основе изучения молекулярно-кинетической теории строения материи. Необходимо представлять, что в химических процессах прежде чем образуются новые молекулы, разрушаются старые. Энергия, необходимая для разрыва связей в молекулах горючего и окислителя, называется *энергией активации*. Разрушение или ослабление химических связей в молекулах происходит под действием теплового движения атомов. Чем выше температура, тем выше доля активных молекул, тем эффективнее соударения и больше их число. Для реакции горения, как и для многих других химических реакций, справедливо положение: повышение температуры на 10°C приводит к увеличению её скорости в 2–4 раза (*правило Вант-Гоффа*). Кроме того, скорость реакции согласно *закону действующих масс* увеличивается с возрастанием концентрации реагентов. Скорость горения максимальна при стехиометрическом составе смеси – когда отношение реагентов соответствует коэффициентам в уравнении реакции. В условиях пожара горение чаще всего протекает в среде воздуха. При составлении уравнения материального баланса процессов горения принято учитывать не только кислород, принимающий участие в реакции окисления, но и азот, входящий в состав воздуха. Воздух состоит из азота, кислорода, водорода, углекислого и инертных газов. При ведении теоретических расчётов водород, углекислый газ и инертные газы (их вместе взятых в воздухе около 1 %) причисляют к азоту, которого в воздухе 78 %. Поэтому можно принять, что воздух состоит из 21 % кислорода и 79 % азота. Не трудно установить, что на 1 объём кислорода в воздухе приходится 3,76

объёма азота ($79 : 21 = 3,76$) или на 1 моль кислорода приходится 3,76 моля азота и, таким образом, состав воздуха в уравнениях реакций горения – ($O_2 + 3,76 N_2$). В реакции горения принимает участие только кислород. Азот в реакцию не вступает и выделяется из зоны горения вместе с продуктами горения. В левой части уравнения реакции горения записывают горючее вещество и воздух, в правой части – продукты горения. При уравнивании левой и правой частей уравнения реакции горения коэффициент перед горючим веществом для упрощения расчётов параметров процесса горения, как правило, не ставят, т.е. принимают равным единице, в связи с чем коэффициент перед воздухом может получаться дробным.

Для решения задач по определению основных параметров, характеризующих процесс горения, необходимо уметь составлять уравнения реакций горения горючих веществ в воздухе. Обобщённая запись брутто-уравнения материального баланса реакции горения имеет вид:

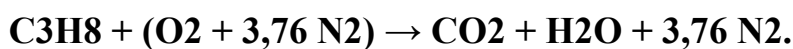


где $n_{г.в.}$, n_o , $n_{пгi}$ – стехиометрические коэффициенты при соответствующих веществах: $[г.в.]$ – горючее вещество, $[o]$ – окислитель, $[пг]$ – продукты горения.

Данное уравнение является обобщённым выражением материального баланса любой химической реакции окисления. Оно не несёт информации о промежуточных стадиях процесса, которых может быть великое множество, а выражает только начальное и конечное состояние системы. Поэтому его называют также суммарным или брутто-уравнением реакции горения. Для решения многих инженерно-технических задач этого уравнения бывает достаточно.

Рассмотрим примеры составления уравнений реакций горения горючих веществ в воздухе.

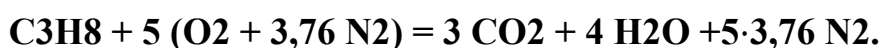
ПРИМЕР: Составить уравнение реакции горения пропана (C₃H₈) в воздухе. При горении углеводородов в воздухе продуктами горения будут углекислый газ (CO₂), пары воды (H₂O) и азот (N₂) из воздуха:



Уравняем эту реакцию, в результате чего число атомов каждого элемента в правой части уравнения будет равно числу атомов этих элементов в левой части.

Углерода в молекуле пропана 3 атома, следовательно, в продуктах горения образуется 3 молекулы углекислого газа. Атомов водорода в молекуле пропана 8, следовательно, в продуктах горения образуется 4 молекулы воды, так как в молекуле H₂O два атома водорода (8 : 2 = 4). В последнюю очередь уравнивается число атомов кислорода. Подсчитываем число атомов кислорода в правой части уравнения: число атомов кислорода в 3 молекулах CO₂ равно 6 (3 · 2 = 6); число атомов кислорода в 4 молекулах воды равно 4 (4 · 1 = 4). Всего в правой части получается 10 атомов кислорода (6 + 4 = 10), следовательно, в левой части перед скобкой мы должны поставить коэффициент равный 5 (10 : 2 = 5), т. к. в молекуле кислорода 2 атома.

Коэффициент перед азотом в продуктах горения будет равен коэффициенту перед скобкой воздуха, умноженному на 3,76. Окончательная запись уравнения реакции горения пропана в воздухе имеет вид:

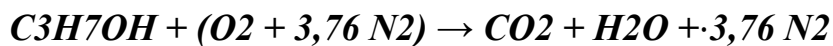


Коэффициент, стоящий перед скобкой воздуха, называется стехиометрическим коэффициентом реакции горения и обозначается β. В нашем случае β = 8.

При горении кислородосодержащих соединений в воздухе уравнивание реакции происходит аналогично. Однако при уравнивании атомов кислорода нужно учесть количество атомов кислорода, содержащихся в горючем веществе, которые тоже участвуют в реакции. Для этого из количества атомов кислорода в правой части уравнения

реакции нужно вычесть количество атомов кислорода, содержащихся в горючем веществе, а потом уже делить на 2.

ПРИМЕР: Составить уравнение реакции горения пропилового спирта в воздухе.



Углерода в молекуле пропилового спирта 3 атома, следовательно, в продуктах горения образуется 3 молекулы углекислого газа. Атомов водорода в молекуле 8, следовательно, в продуктах горения образуется 4 молекулы воды, так как в молекуле H₂O два атома водорода (8 : 2 = 4). В последнюю очередь уравнивается число атомов кислорода. Подсчитываем число атомов кислорода в правой части уравнения: число атомов кислорода в 3 молекулах CO₂ равно 6 (3 · 2 = 6); число атомов кислорода в 4 молекулах воды равно 4 (4 · 1 = 4). Всего в правой части получается 10 атомов кислорода (6 + 4 = 10), следовательно, в левой части перед скобкой мы должны поставить коэффициент равный 4,5 (10 - 1 = 9; 9 : 2 = 4, 5).

Коэффициент перед азотом в продуктах горения будет равен коэффициенту перед скобкой воздуха, умноженному на 3, 76.

Окончательная запись уравнения реакции горения пропилового спирта в воздухе имеет вид: $C_3H_7OH + 4,5 (O_2 + 3,76 N_2) \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O + 4,5 \cdot 3,76 N_2$.

Если в состав горючего вещества входит галоген и горючее вещество не содержит водород, то в продуктах горения он будет выделяться в свободном виде (Cl₂, Br₂ и т. д.). Если же горючее вещество содержит водород, то в продуктах горения он будет выделяться в соединении с водородом, например хлороводород (HCl).

Если в состав горючего вещества входят сера, алюминий, кремний и др., то в продуктах горения будут выделяться оксиды этих элементов (SO₂, Al₂O₃, SiO₂).

При горении веществ, содержащих азот, он выделяется в виде чистого газа азота (N₂) и записывается отдельно от азота, содержащегося в воздухе.



ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Составить уравнения реакций горения горючих веществ в воздухе и рассчитать стехиометрические коэффициенты.

- 1.1. амилбензол, аллиламин;
- 1.2. амилдифенил, аллилизотиоцианат;
- 1.3. амилен, акриловая кислота;
- 1.4. амилнафталин, аллилацетат;
- 1.5. амилтолуол, амиламин;
- 1.6. антрацен, амилнитрат;
- 1.7. аллиловый спирт, амилнитрит;
- 1.8. ацетилен, амилацетат, амилсульфид;
- 1.9. бензол, амилбутират;
- 1.10. бутилбензол, амилхлорнафталин;
- 1.11. бутилциклогексан, амиллаурат;
- 1.12. бутилциклопентан, амилметилкетон;
- 1.13. гексадекан, аминокaproновая кислота;
- 1.14. гексан, аминокеларгоновая кислота;
- 1.15. гексилциклопентан, амилстеарат;
- 1.16. гептадекан, амилфенилметилловый эфир;
- 1.17. гептан, амилфениловый эфир;
- 1.18. декан, амилформиат, анилин;
- 1.19. диамилбензол, анизол;
- 1.20. диамилнафталин, ацеталь;
- 1.21. дивинилацетилен, ацетальдегид, ;
- 1.22. дигидроциклопентадиен, ацетилацетон;
- 1.23. диизобутилен, ацетисалициловая кислота;
- 1.24. диизопропилбензол, ацетоацетанилид;

- 1.25. диметиленциклобутан, ацетонитрил;
- 1.26. дитолилметан, ацетон;
- 1.27. дифенил, ацетоэтиламин;
- 1.28. дифенилметан, бензамид;
- 1.29. диэтилциклогексан, ацетоуксусный эфир, бензилдиэтиламин;
- 1.30 ацетофенон, бензилтиол;
- 1.31. изобутилбензол, бензальдегид, бензилхлорид;
- 1.32. изобутилциклогексан, бензилцианид;
- 1.33. изооктан, бензгидрол, бензимидазол;
- 1.34. изопентан, бензилацетат, бензоат натрия;
- 1.35. изопрен, бензилбензоат, бензоилхлорид;
- 1.36. изопропенилбензол, бензилсалицилат, бензоксазолон;
- 1.37. изопропилацетилен, бензолсульфазид;
- 1.38. метилциклогексан, бензилэтиловый эфир, бензолсульфамид;
- 1.39. метилциклопентан, бензолсульфокислота;
- 1.40. октилтолуол, метоксибутилацетат, бензонитрил

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется во внеаудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 60 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задачи, глобальной сетью

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение правильно производить математические расчёты;

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к составлению уравнения
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в расстановке коэффициентов
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если уравнение не составлено

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №2

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Пламя, его строение, цвет, свечение. Продукты горения, дым.

Цель работы: изучить строение пламени, научиться определять характер свечения пламени без проведения лабораторного опыта

Теоретическая часть

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА СВЕЧЕНИЯ ПЛАМЕНИ

Характер свечения пламени веществ при их горении зависит от процентного содержания углерода и кислорода в горючем веществе. При горении веществ в

зоне горения происходит процесс термического разложения их. Наличие углерода

в зоне горения будет придавать пламени яркость.

О характере свечения пламени приблизительно можно судить по процентному содержанию углерода и кислорода в горючем веществе (табл.).

Таблица

Характер свечения пламени	Содержание кислорода в горючем веществе, %	Содержание углерода в горючем веществе, %
Пламя	более 30	не более 50

бесцветное		
Пламя яркое, не коптящее	отсутствует или менее 30	от 50 до 75
Пламя яркое, коптящее	отсутствует или менее 25	более 75

Практическая часть

Процентное содержание углерода (кислорода) рассчитывается по формуле:

$$\omega = \frac{n \cdot Ar_{C(O)}}{Mr_{ГВ}} \cdot 100\%$$

$Mr_{(в-ва)}$

где $Ar_{C(O)}$ – атомный вес углерода (кислорода);

$Mr_{ГВ}$ – молекулярная масса горючего вещества;

$n_{C(O)}$ – количество атомов углерода(кислорода) в формуле горючего вещества.

ПРИМЕР: *Определить характер свечения пламени этилового спирта.*

РЕШЕНИЕ:

1. Рассчитываем содержание углерода в этиловом спирте (C_2H_5OH).
 $12 \cdot 2 / 46 \cdot 100\% = 52,71\%$

1. Рассчитываем содержание кислорода в этиловом спирте (C_2H_5OH).
 $16 \cdot 1 / 46 \cdot 100\% = 34,29\%$ следовательно пламя бесцветное.

ОТВЕТ: поскольку содержание кислорода в этиловом спирте превышает 30%,

пламя будет бесцветным.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить характер свечения пламени этилбензола.
2. Определить характер свечения пламени уксусной кислоты.
3. Определить характер свечения пламени гексана.
4. Определить характер свечения пламени амилового спирта.
5. Определить характер свечения пламени бутана.
6. Определить характер свечения пламени бензола.

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятии в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.
3. Вы можете воспользоваться таблицей, конспектом лекций, теоретической частью, примерами решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии оценки:

Выполнение практически всей работы (не менее 70%) – положительная оценка

Тема 1.2. Материальный и тепловой баланс процессов горения.

ЗАДАНИЕ (внеаудиторная работа) №3

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Используя алгоритм решения задач рассчитать объём окислительной среды (м^3) необходимый для горения i -го горючего вещества (см. табл.)

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Кол-во горючего	Окислитель	Условия горения
1.	Метиловый спирт	CH_4O	2 кг	воздух	$T = 300\text{K}$ $P = 1013 \text{ ГПа}$ $\alpha = 3$
2.	Анилин	$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$	1 кг	воздух	$T = 290\text{K}$ $P = 900 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2,5$
3.	Сложное вещество	$\text{C} = 40\%$ $\text{O} = 25\%$ $\text{H} = 25\%$ $\text{S} = 10\%$	1 кг	воздух	$T = 300\text{K}$ $P = 950 \text{ ГПа}$ $\alpha = 1,5$

4.	Сложное вещество	C=65% O=20% H=5% S=10%	2кг	Воздух	T= 280К P=1013 ГПа $\alpha =2$
5.	Нитробензол	C ₆ H ₅ NO ₂	30кг	Воздух	T= 280К P=980 ГПа $\alpha =1,4$
6.	Сера	S	2кг	Воздух	T= 300К P=950ГПа $\alpha =1,5$
7.	Сложное вещество	C=60% O=20% H=10% S=10%	3кг	Воздух	T= 310К P=1000 ГПа $\alpha =2,8$
8.	Алюминий порошковый	Al	15кг	Воздух	T= 305К P=1025 ГПа $\alpha =3,5$
9.	Сложное вещество	C=65% O=20% H=15%	5 кг	Воздух	T= 282К P=1016 ГПа $\alpha =2,4$
0.	Сложное вещество	C=55% O=25% H=10% S=10%	10кг	Воздух	T= 300К P=1013 ГПа $\alpha =3$

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется во внеаудиторное время

2. Максимальное время выполнения задания: 120 мин.

3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач, глобальной сетью

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (самостоятельная работа) №4

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Рассчитать объём окислительной среды (m^3) необходимый для горения i -ной горючей смеси (см. табл.)

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Кол-во горючего	Окислитель	Условия горения
1.	Смесь газов	CO=45%	$1m^3$	воздух	Нормальные

		N ₂ =15% C ₄ H ₈ =10% O ₂ =30%			условия $\alpha = 3$
2.	Смесь газов	H ₂ =50% CH ₄ =30% O ₂ =20%	10м ³	воздух	T= 290К P=900 ГПа $\alpha = 2,5$
3.	Смесь газов	CO=35% N ₂ =15% C ₄ H ₈ =20% O ₂ =30%	15м ³	воздух	T= 300К P=950 ГПа $\alpha = 1,5$
4.	Смесь газов	CH ₄ =65% O ₂ =20% H ₂ =5% H ₂ S=10%	100м ³	Воздух	T= 280К P=1010 ГПа $\alpha = 2,3$
5.	Смесь газов	C ₃ H ₄ =55% O ₂ =25% H ₂ =15% H ₂ S=5%	1м ³	Воздух	T= 280К P=1100 ГПа $\alpha = 1,4$
6.	Смесь газов	C ₃ H ₆ =60% NH ₃ =25% CH ₄ =15%	12м ³	Воздух	T= 305К P=950ГПа $\alpha = 1,5$
7.	Смесь газов	C ₂ H ₂ =60% O ₂ =20% H ₂ =10% SO ₂ =10%	10м ³	Воздух	T= 310К P=1000 ГПа $\alpha = 2,8$
8.	Смесь газов	C ₃ H ₈ =55% CO=30% H ₂ =5% O ₂ =10%	15м ³	Воздух	T= 305К P=1025 ГПа $\alpha = 3,5$

9.	Смесь газов	CO ₂ =30% O ₂ =20% NH ₃ =25% C ₄ H ₁₀ =25%	220м ³	Воздух	Нормальные условия $\alpha = 2,4$
0.	Смесь газов	C ₂ H ₄ =60% NH ₃ =40%	110м ³	Воздух	T= 300К P=1013 ГПа $\alpha = 3$

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (внеаудиторная работа) №5

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Рассчитать объём образующихся продуктов(m^3) горения при горении i -го горючего вещества(см. табл.)

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Кол-во горючего	Окислитель	Условия горения
1.	Диэтиловый эфир	$(C_2H_5)_2O$	1 кг	воздух	$T_r = 1500K$ $P = 1014 \text{ ГПа}$ $\alpha = 3$
2.	Анилин	C_6H_7N	1кг	воздух	$T_r = 1550K$ $P = 940 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2,5$
3.	Сложное вещество	$C=40\%$ $O=25\%$ $H=25\%$ $S=10\%$	1кг	воздух	$T_r = 1300K$ $P = 970 \text{ ГПа}$ $\alpha = 1,5$
4.	Сложное вещество	$C=65\%$ $O=20\%$ $H=5\%$ $S=10\%$	12кг	Воздух	$T_r = 1350K$ $P = 990 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2$
5.	Нитробензол	$C_6H_5NO_2$	30кг	Воздух	$T_r = 1800K$ $P = 870 \text{ ГПа}$ $\alpha = 1,4$
6.	Уксусная	$C_2H_4O_2$	2кг	Воздух	$T_r = 1200K$

	кислота				$P=980 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2,5$
7.	Сложное вещество	$C=90\%$ $O=5\%$ $H=5\%$	3кг	Воздух	$T_r= 1320 \text{ К}$ $P=1000 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2,8$
8.	Глицерин	$C_3H_8O_3$	15кг	Воздух	$T_r= 1600 \text{ К}$ $P=1025 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2,1$
9.	Сложное вещество	$C=80\%$ $O=8\%$ $H=12\%$	15 кг	Воздух	$T_r= 1350 \text{ К}$ $P=990 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2,4$
0.	Сложное вещество	$C=75\%$ $O=14\%$ $H=6\%$ влага=10%	10кг	Воздух	$T_r= 1300 \text{ К}$ $P=1013 \text{ ГПа}$ $\alpha = 1,3$

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется во внеаудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 120 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач, глобальной сетью

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;

- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (самостоятельная работа) №6

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Рассчитать объём продуктов горения (м^3) необходимый для горения i -ной горючей смеси (см. табл.)

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Кол-во горючего	Окислитель	Условия горения
1.	Смесь газов	$\text{H}_2=50\%$ $\text{CH}_4=30\%$ $\text{O}_2=20\%$	10м^3	воздух	$T_{\text{г}}=1550\text{К}$ $P=900\text{ ГПа}$ $\alpha =2,5$
2.	Смесь газов	$\text{CO}=45\%$ $\text{N}_2=15\%$ $\text{C}_4\text{H}_8=10\%$ $\text{O}_2=30\%$	1м^3	воздух	$T_{\text{г}}=1480\text{К}$ $P=1013\text{ ГПа}$ $\alpha =3$

3.	Смесь газов	CH ₄ =65% O ₂ =20% H ₂ =5% H ₂ S=10%	100м ³	Воздух	T _г = 1280К P=1010 ГПа α =2,3
4.	Смесь газов	CO=35% N ₂ =15% C ₄ H ₈ =20% O ₂ =30%	15м ³	воздух	T _г = 1300К P=950 ГПа α =1,5
5.	Смесь газов	C ₃ H ₆ =60% NH ₃ =25% CH ₄ =15%	12м ³	Воздух	T _г = 1300К P=950ГПа α =1,5
6.	Смесь газов	C ₃ H ₄ =55% O ₂ =25% H ₂ =15% H ₂ S=5%	1м ³	Воздух	T _г = 1550К P=1100 ГПа α =1,4
7.	Смесь газов	C ₃ H ₈ =55% CO=30% H ₂ =5% O ₂ =10%	15м ³	Воздух	T _г = 1440К P=1025 ГПа α =3,5
8.	Смесь газов	C ₂ H ₂ =60% O ₂ =20% H ₂ =10% SO ₂ =10%	10м ³	Воздух	T _г =1500К P=1000 ГПа α =2,8
9.	Смесь газов	C ₂ H ₄ =60% NH ₃ =40%	110м ³	Воздух	T _г = 1600К P=1013 ГПа α =3
0.	Смесь газов	CO ₂ =30% O ₂ =20% NH ₃ =25%	220м ³	Воздух	T _г = 1500К P=1013 ГПа α =2,4

		$C_4H_{10}=25\%$			
--	--	------------------	--	--	--

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (самостоятельная работа) №7

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Рассчитать температуру горения *i*-го горючего вещества(см. табл.)

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Окислитель	Условия горения
1.	Смесь газов	H ₂ =50% CH ₄ =30% C ₃ H ₈ =20%	воздух	α =2,5
2.	Вещество сложного состава	C=85% S =6% H=5% Влага= 9%	воздух	α =3
3.	Пропионовая кислота	C ₃ H ₆ O ₂	Воздух	α =2,3
4.	Глицерин	C ₃ H ₈ O ₃	воздух	α =1,5
5.	Уксуснобутиловый эфир	C ₆ H ₁₂ O ₂	Воздух	α =1,5
6.	Этилбензол	C ₈ H ₁₀	Воздух	α =1,4
7.	Вещество сложного состава	C=82% O =5% H=8% Влага= 5%	Воздух	α =3,5
8.	Смесь газов	C ₂ H ₂ =60% H ₂ =40%	Воздух	α =2,8
9.	Нитроэтан	C ₂ H ₅ NO ₂	Воздух	α =3
0.	Смесь газов	CO=50% NH ₃ =25%	Воздух	α =2,4

		$C_4H_{10}=25\%$		
--	--	------------------	--	--

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;

- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (тестовые задания) №8

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

1 вариант.

1. Серовато-жёлтый дым при горении характерен для:

- А) бумаги, сена, соломы;
- Б) нефтепродуктов;
- В) тканей;
- Г) древесины.

1. Коэффициент избытка воздуха показывает:

- А) во сколько раз объём воздуха, поступивший на горение больше теоретического объёма воздуха, необходимого для полного сгорания единицы количества вещества в стехиометрической смеси;

Б) во сколько раз объём воздуха, поступающий на горение больше практического объёма воздуха, необходимого для полного сгорания пожарной нагрузки.

1. К продуктам неполного сгорания относятся:

- А) CO_2 и H_2O
- Б) CO и C
- В) CO_2 и C
- Г) H_2O и CO

1. Объёмное соотношение O_2 и N_2 в воздухе равно:

- А) 1:3,29
- Б) 1:3,76
- В) 1:7,9

1. Взрыв – это:

- А) процесс резкого повышения давления внутри резервуара
- Б) процесс интенсивного выделения тепловой энергии горючей смеси при сгорании её в ограниченном объёме за короткий промежуток времени

1. Наибольшей линейной скоростью распространения пламени обладают:

- А) твёрдые горючие материалы
- Б) газообразные горючие смеси
- В) легковоспламеняющиеся жидкости

1. Теплота пожара характеризует:

- А) количество тепла, выделяющееся в зоне горения в единицу времени
- Б) количество тепла, выделяющееся в зоне горения в единицу времени с единицы

площади пожара

- В) количество тепла, выделяющееся в зоне горения в единицу времени с общей

площади пожара

1. К зонам пожара относятся:

- А) зона загорания, фронт пламени и зона парообразования

Б) зона горения, зона тепловыделения и зона задымления

В) зона горения, фронт пламени и зона задымления

1. Концентрация углекислого газа крайне опасна для жизни человека:

А) 1,5 %

Б) 3 - 4,5 %

В) 2 %

1. Химический недожог – это:

А) неполнота сгорания горючих веществ, образовавшихся при разложении горючих веществ

Б) доля вещества, не участвующего по каким-либо причинам в процессе горения

2 вариант

1. К продуктам полного сгорания относятся:

А) угарный газ и вода;

Б) углекислый газ и вода;

В) углекислый газ и водород.

2. Серовато-чёрный дым характерен при горении:

А) древесины;

Б) бумаги, сена, соломы;

В) нефтепродуктов;

Г) фосфора.

3. Стехиометрическим уравнением называется:

А) уравнение с указанным тепловым эффектом

Б) уравнение с учётом расставленных в нём коэффициентов

В) уравнение с указанным продуктом реакции

4. Разность между практическим и теоретическим объёмами воздуха, называется:

А) химическим недожогом

Б) избытком воздуха

В) неполным горением

5. Гомогенное горение – это:

А) когда компоненты горючей смеси находятся:

Горючие – в твёрдом состоянии

Окислитель – в газообразном

Б) когда компоненты горючей смеси находятся:

Горючие – в жидком состоянии

Окислитель – в газообразном

В) когда компоненты горючей смеси находятся:

Горючие – в газообразном состоянии

Окислитель – в газообразном

6. В пожарную нагрузку помещений входит:

А) мебель, продукция, сырьё

Б) мебель, продукция, сырьё, окна, двери

В) все конструктивные элементы зданий, изготовленные из горючих или трудногорючих материалов

7. Минимальное количество воздуха, необходимое для полного сгорания единицы

массы или объёма горючего вещества называется:

А) практическим объёмом воздуха

Б) теоретическим объёмом воздуха

В) доступным объёмом воздуха

8. Дым как дисперсная система - это:

А) дисперсная фаза – газ, дисперсная среда - газ

Б) дисперсная фаза – твёрдое вещество, дисперсная среда – газ

В) дисперсная фаза – жидкое вещество, дисперсная среда – газ

9. Трудногорючие вещества – это

А) вещества, имеющие температуру воспламенения выше 650 градусов

Б) вещества, загорающиеся при поднесении источника зажигания и продолжающие гореть после его удаления

В) вещества, загорающиеся при поднесении источника зажигания и прекращающиеся гореть после его удаления

10. Продолжительность пожара – это:

А) время с момента возникновения до приезда бригады пожарной охраны

Б) время с момента возникновения до локализации пожара

В) время с момента возникновения до полного прекращения горения

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятии в аудиторное время

2. Максимальное время выполнения задания: 15 мин.

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии оценки:

«5» - 100 – 90% правильных ответов

«4» - 89 - 80% правильных ответов

«3» - 79 – 70% правильных ответов

«2» - 69% и менее правильных ответов

Тема 2.1 Воспламенение и самовоспламенение.

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №9

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Расчёт стандартной температуры воспламенения

Цель работы: используя алгоритм решения задачи научиться находить стандартную температуру самовоспламенения по длине углеродной цепи

Теоретическая часть

Температура самовоспламенения

Температура самовоспламенения $T_{св}$, приведенная в справочниках, получена экспериментально по стандартной методике для горючей смеси стехиометрического состава. Установлено, что в пределах гомологического ряда величина $T_{св}$ является функцией длины углеродной цепи в молекуле. Чем длиннее цепь, тем ниже температура самовоспламенения. Метод расчета $T_{св}$ основан на эмпирической зависимости $T_{св}$ от средней длины углеродной цепи.

Метод пригоден для расчета $T_{св}$ алифатических углеводородов, алифатических спиртов и ароматических углеводородов. Задача состоит в том, чтобы по структурной формуле химического соединения найти для него среднюю длину углеродных цепей.

Углеродная цепь – это цепочка атомов углерода от одного конца молекулы до другого.

Длина цепи – это число атомов углерода в цепи

Определив среднюю длину цепи, далее по табл. VII–IX приложения находят $T_{св}$.

Например, для *n*-гептана $T_{св} = 496$ К, а для изобутана $T_{св} = 743$ К (табл. VII приложения для предельных углеводородов).

В молекуле химического соединения со сложной структурой бывает трудно сразу найти все углеродные цепи. Поэтому для определения числа цепей используют формулу:

$$m = \frac{M_p * (M_p - 1)}{2}$$

где M_p – число концевых функциональных групп, таких как: метил (-CH₃), гидроксил (-OH) и фенил (C₆H₅-).

Например, в *n*-гептане две группы CH₃, т. е. $M_p = 2$, из формулы следует, что число цепей равно 1. В изобутане $M_p = 3$, подставляя это значение в формулу получим $m = 3$.

Практическая часть

Пример 1 . Вычислить температуру самовоспламенения 3-этил-4-изо-пропилгексана

Решение. 1. Записываем структурную формулу соединения, нумеруем все атомы углерода

2. В молекуле соединения пять концевых метильных групп CH_3 , т. е. $M_p = 5$.

Определяем число цепей: их количество равно 10

3. Найдем эти цепи и установим их длину. Для удобства составим таблицу

3. Составим таблицу, в которую внесем цепи и их длину. Длина первых четырех цепей, содержащих гидроксильную группу $-\text{OH}$ на единицу больше, чем число атомов углерода в цепи.

4. Рассчитываем среднюю длину углеродных цепей

5. По табл. VIII прил. находим соответствующую температуру самовоспламенения $T = 582\text{K} = 309. \text{ }^\circ\text{C}$

Особенности расчета $T_{\text{св}}$ ароматических соединений

При определении числа цепей и их длины в молекуле ароматического соединения следует иметь в виду следующие правила:

1. Фенил (бензольное кольцо), находящийся внутри углеродной цепи, считается и как концевой.

2. При определении углеродной цепи атомы углерода в бензольном кольце в расчет не принимаются.

3. Фенил, находящийся в углеродной цепи, укорачивает ее на единицу.

Пример 2 . Вычислить температуру самовоспламенения 1-изопропил-4-изобутилбензола.

Решение. 1. Записываем структурную формулу соединения и вводим обозначения:

2. В молекуле соединения четыре концевые метильные группы $-\text{CH}_3$ и одна – фенил, т. е. $M_p = 5$:

3. В этом соединении согласно первому правилу концевым необходимо считать и фенил. В этом случае углеродные цепи будут заканчиваться не только на метильных группах $-\text{CH}_3$, но и на бензольном кольце.

Составим таблицу, в которую внесем углеродные цепи и их длину.

Обратите внимание, что при определении длины цепи атомы углерода, имеющиеся в бензольном кольце, в расчет не принимаются (правило 2).

У восьми углеродных цепей, которые имеют в своем составе фенил как в середине, так и в конце цепи, длина цепи на единицу меньше, чем число атомов углерода (правило 3).

4. Рассчитаем среднюю длину углеродных цепей

5. По табл. IX приложения найдем $T_{св}$ ароматического соединения с соответствующей длиной цепи $T_{св} = 698 \text{ K} = 425 \text{ oC}$.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Рассчитать стандартную температуру самовоспламенения i -го горючего вещества, используя формулу определения температуры по средней длине цепи (см. табл.)

Таблица

№ варианта	Горючее вещество
1.	1,3-диметил-4-пропилбензол
2.	2-метил-3-этилгексан
3.	3,3-диметилпентан
4.	3,3-диметилпентанол-1
5.	1,2-диметил-4-этилбензол
6.	2-метилпропанол-2
7.	1,2,3,4-тетраметилбензол
8.	3,3-диметилгептанол-2
9.	3,3-диметил-4,4-диэтилнонан
0.	2,2,3,3-тетраметилбутан

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

Тема 2.2. Самовозгорание

ЗАДАНИЕ (внеаудиторная работа) №10

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Подготовка доклада (работа с научной литературой):

Тема доклада:

«Предупреждение теплового, химического и микробиологического самовозгорания»

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется во внеаудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 180 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, глобальной сетью

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение сформулировать цель работы;
- умение подобрать научную литературу по теме;
- полнота и логичность раскрытия темы;

- самостоятельность мышления;
- стилистическая грамотность изложения;
- корректность выводов;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к изложению, оформлению, и представлению творческой работы (доклада).
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и представлении работы.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в содержании, оформлении и представлении работы.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если представленная работа не соответствует требованиям.

Тема 3.1. Горение газов

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №11

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Концентрационные пределы воспламенения

Цель работы: научиться производить расчёты концентрационных пределов различными способами

Теоретическая часть

Расчёт НКПВ индивидуальных соединений по предельной теплоте сгорания

В соответствии с тепловой теорией наличие пределов распространения можно объяснить тем, что для распространения пламени по горючей среде необходимо выделение определённого количества тепла. Экспериментально установлено, что количество тепла выделяющееся при горении смесей с содержанием горючего, отвечающим НКПВ, для большинства веществ

является приблизительно величиной постоянной, равной 1830 кДж/м³. эту величину называют предельной теплотой сгорания Q_{пр}. Если известно значение низшей теплоты сгорания вещества Q_н, то можно рассчитать концентрацию горючего, %, в предельной по горючести смеси, т.е. величину НКПВ

$$\varphi_{н} = \frac{Q_{пр}}{Q_{н}} * 100$$

Q_н

Расчёт КПП по аппроксимационной формуле

По аппроксимационной формуле можно рассчитывать значения и нижнего и верхнего концентрационных пределов распространения пламени.

$$\varphi_{н(в)} = \frac{100}{an+b}$$

an+b

где n- число молей кислорода, необходимое для полного сгорания одного моля горючего вещества, находим из уравнения реакции горения (стехиометрический коэффициент при кислороде);

a, b- константы, имеющие определённые значения для нижнего и верхнего пределов в зависимости от значения n, приведены в таблице.

Область применения	a	b
Для вычисления нижнего предела	8,684	4,679
Для вычисления верхнего предела		
при n	1,550	0,560
при n ≥ 7,5	0,768	6,554

Расчёт КПП для смеси горючих веществ

Если горючее представляет собой смесь индивидуальных веществ с известными концентрационными пределами распространения пламени, то

для такой смеси можно установить значения НКПВ и ВКПВ по формуле Лешателье

$$\varphi_{н(в)смеси} = \frac{1}{\sum \mu(i)}$$

$$\sum \mu(i)$$

$$\varphi_{н(в)}(i)$$

где $\mu(i)$ - мольная доля вещества в смеси

$\varphi_{н(в)}(i)$ -значение нижнего или верхнего концентрационного предела распространения пламени.

Эта формула справедлива для большинства смесей веществ, хотя в некоторых случаях могут наблюдаться значительные отклонения, связанные с химическим взаимодействием веществ.

Практическая часть

Задача. Найти НКПВ бутилена, если его низшая теплота сгорания равна 2545 кДж/моль.

Решение.

1. Так как $Q_{пр}$ выражена в кДж/м³, поэтому Q_n также необходимо выразить в кДж/м³,

$22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$ - объём одного моля

$$Q_n = \frac{2545}{22,4 \cdot 10^{-3}} = 113620 \text{ кДж/м}^3$$

2.Находим НКПВ:

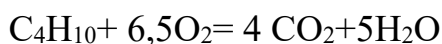
$$\varphi_n = \frac{Q_{пр}}{Q_n} \cdot 100 = \frac{1830}{113620} \cdot 100 = 1,6\%$$

$$Q_n = 113620$$

Задача. Рассчитать КПР бутана в воздухе. Расчёт произвести по аппроксимационной формуле.

Решение :

1. записать уравнение реакции



$$n = 6,5$$

2. рассчитываем НКПВ по приведённой формуле

$$\varphi_H = \frac{100}{8,684 \cdot 6,5 + 4,679} = 1,64 \%$$

$$8,684 \cdot 6,5 + 4,679$$

3. аналогично находим ВКПВ, учитывая, что n

$$\varphi_V = \frac{100}{1,55 \cdot 6,5 + 0,56} = 9,4\%$$

$$1,55 \cdot 6,5 + 0,56$$

Задача. Определить концентрационные пределы распространения пламени пропанобутановой смеси, содержащей 60 % пропана и 40% бутана.

Решение.

1. экспериментальные значения КПВ для компонентов смеси находим по таблицам или по аппроксимационной формуле.

для пропана НКПВ=2,37% ВКПВ=9,5%

для бутана НКПВ= 1,86% ВКПВ= 8,41%

1. согласно формуле Ле-Шателье НКПВ для смеси равен

$$\varphi_{H \text{ смеси}} = \frac{1}{\sum \mu(i)} = \frac{1}{0,6 + 0,4} = 2,14\%$$

$$\sum \mu(i) \quad 0,6 + 0,4$$

$$\varphi_H(i) \quad 2,37 \quad 1,86$$

1. аналогично ВКПВ равен

$$\varphi_{V \text{ смеси}} = \frac{1}{\sum \mu(i)} = \frac{1}{9,5 + 8,41} = 9,03\%$$

$$\sum \mu(i) \quad 9,5 + 8,41$$

$$\varphi_V(i) \quad 9,5 \quad 8,41$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1.1 Определить концентрационные пределы воспламенения по аппроксимационной формуле для следующих веществ: бутан, этан, пропан, пентан, гексан

1.2 Определить концентрационные пределы смеси состоящей из 10% ацетилена, 40 % бутана, 30 % этана и 20 % этилена

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №12

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Давление взрыва и температура взрыва . Их практическое значение. Формы формирования ударной волны

Цель работы: изучить понятия давление и взрыва и температура взрыва, составить схему «Формы формирования ударной волны»

Изучите теоретическую часть практической работы

Теоретическая часть

Общая характеристика взрывных явлений.

Особую опасность с точки зрения возможных потерь и ущерба представляют взрывы.

Взрыв - это освобождение большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени.

Взрыв приводит к образованию сильно нагретого газа (плазмы) с очень высоким давлением, который при моментальном расширении оказывает ударное механическое воздействие (давление, разрушение) на окружающие тела.

Взрыв в твердой среде сопровождается ее разрушением и дроблением, в воздушной или водной - вызывает образование воздушной или гидравлической ударных волн, которые и оказывают разрушающее воздействие на помещенные в них объекты.

В деятельности, не связанной с преднамеренными взрывами в условиях промышленного производства, под взрывом следует понимать быстрое, неуправляемое высвобождение энергии, которое вызывает ударную волну, движущуюся на некотором удалении от источника.

В результате взрыва вещество, заполняющее объем, в котором происходит высвобождение энергии, превращается в сильно нагретый газ (плазму) с очень высоким давлением, (до нескольких сотен тысяч атмосфер). Этот газ, моментально расширяясь, оказывает ударное механическое воздействие на окружающую среду, вызвав ее движение. Взрыв в твердой среде вызывает ее дробление и разрушение в гидравлической и воздушной среде - вызывает образование гидравлической и воздушной ударной (взрывной) волны.

Взрывная волна - есть движение среды, порожденное взрывом, при котором происходит резкое повышение давления, плотности и температуры среды.

Фронт (передняя граница) взрывной волны распространяется по среде с большой скоростью, в результате чего область охваченная движением, быстро расширяется.

Посредством взрывной волны (или разлетающихся продуктов взрыва - в вакууме) взрыв производит механическое воздействие на объекты, находящиеся на различных удалениях от места взрыва. По мере увеличения расстояния от места взрыва механическое воздействие взрывной волны ослабевает. Таким образом, взрыв несет потенциальную опасность поражения людей и обладает разрушительной способностью.

Взрыв может быть вызван:

- детонацией конденсированных взрывчатых веществ (ВВ.);
- быстрым сгоранием воспламеняющего облака газа или пыли;
- внезапным разрушением сосуда со сжатым газом или с перегретой жидкостью;
- смешиванием перегретых твердых веществ (расплава) с холодными жидкостями и т.д.

В зависимости от вида энергоносителей и условий энергосвободения, источниками энергии при взрыве могут быть как химические, так и физические процессы.

Источником энергии химических взрывов являются быстропротекающие самоускоряющиеся экзотермические реакции взаимодействия горючих веществ с окислителями или реакции термического разложения нестабильных соединений.

Источниками энергии сжатых газов (паров) в замкнутых объемах аппаратуры (оборудования) могут быть как внешние (энергия, используемая для сжатия газов, нагнетания жидкостей; теплоносители, обеспечивающие нагрев жидкости и газов в замкнутом пространстве) так и внутренние

(экзотермические физико-химические процессы и процессы теплообмена в замкнутом объеме), приводящие к интенсивному испарению жидкостей или газообразованию, росту температуры и давления без внутренних взрывных явлений.

Источником энергии ядерных взрывов являются быстропротекающие цепные ядерные реакции синтеза легких ядер изотопов водорода (дейтерия и трития) или деления тяжелых ядер изотопов урана и плутония. Физические взрывы возникают при смещении горячей и холодной жидкостей, когда температура одной из них значительно превосходит температуру кипения другой.

Испарение в этом случае протекает взрывным образом. Возникающая при этом физическая детонация сопровождается возникновением ударной волны с избыточным давлением, достигающим в ряде случаев сотен МПа.

Энергоносителями химических взрывов могут быть твердые, жидкие, газообразные горючие вещества, а также аэрозольные горючие вещества (жидких и твердых) в окислительной среде, в т.ч. и в воздухе.

Взрывчатые вещества

Твердые и жидкие энергоносители относятся в большинстве случаев к классу конденсированных взрывчатых веществ.

Взрывчатыми веществами называются химические соединения или смеси веществ, способные к быстрой химической реакции с выделением большого количества тепла и образованием газа.

В состав ВВ. входят восстановители и окислители или другие химические нестабильные соединения. При инициировании взрыва в этих веществах с огромной скоростью протекают экзотермические окислительно-восстановительные реакции или реакции термического разложения с выделением тепловой энергии и большого количества газа. Эта реакция, возникнув в какой-либо точке заряда в результате нагревания, удара, трения, взрыва другого ВВ. или иного внешнего воздействия распространяется по заряду путем тепло - или массообмена, (горение), и/или ударной волны (детонация).

ВВ. обладают способностью к быстрому разложению, при котором энергия межмолекулярных связей выделяется в виде теплоты, причем - при повышении температуры скорость разложения ВВ. увеличивается. При сравнительно низкой температуре скорость разложения ВВ. невелика и ВВ. в течение длительного времени может не претерпевать заметного изменения в своем состоянии. В этом случае между ВВ. и окружающей средой устанавливается тепловое равновесие.

Если создаются условия, при которых теплота, выделяемая ВВ., не успевает отводиться в окружающую среду, то благодаря повышению температуры развивается процесс самоускоряющегося химического разложения ВВ., который называется тепловым взрывом.

Возможен иной процесс осуществления взрыва, при котором химическая реакция распространяется по заряду ВВ. последовательно от слоя к слою в виде волны. Движущийся по заряду с большой скоростью (9 км/с) передний фронт этой волны представляет собой ударную волну - резкий переход вещества из исходного состояния в состояние с очень высоким давлением и температурой. ВВ., сжатое ударной волной, оказывается в состоянии, при котором химическое разложение протекает очень быстро.

Процесс химического превращения ВВ., который вводится ударной волной и сопровождается быстрым выделением энергии, называется детонацией.

Скорость химической реакции при детонации обычно достигает нескольких км/сек. Тонна твердого ВВ. может превратиться в плотный газ с очень высоким давлением за время $1 \cdot 10^{-4}$ сек. Давление достигает в этом случае нескольких сотен тысяч атмосфер.

Преимущество конденсированных и водонаполненных ВВ. заключается в значительной концентрации энергии в единице объема.

Резко расширяясь, сжатый газ наносит по окружающим телам удар огромной силы. Происходит взрыв. Объекты, находящиеся вблизи заряда, подвергаются дроблению и сильнейшей пластической деформации (местное или бризантное действие взрыва). Объекты, находящиеся вдали от парада,

испытывают меньшее разрушение, но зона, в которой оно происходит, гораздо больше (общее или фугасное действие взрыва). Бризантность ВВ. определяется давлением, развивающимся при детонации, которое в свою очередь зависит от плотности заряда и скорости детонации. Фугасность (работоспособность) ВВ. определяется теплотой, а также объемом газообразных продуктов, образующихся при взрыве.

Основными характеристиками ВВ. являются:

- бризантность;
- фугасность (работоспособность);
- химическая и физическая стойкость (способность сохранять свои свойства, при хранении и обращении с ними);
- чувствительность к внешним воздействиям (минимальное количество энергии, необходимое для возбуждения взрыва);
- детонационная способность (критический диаметр детонации).

К взрывоопасным веществам относятся:

- кислородсодержащие соединения (перекиси, озониды, органические соли хлорной и хлорноватой кислот, нитриты, нитрозосоединения и т.п.);
- некоторые вещества, не содержащие кислорода (азиды, ацетилен, ацетилениды, диазосоединения, гидрозин, йодистый и хлористый азот, смеси горючих веществ с галогенами, соединения инертных газов и т.п.).

Из многих, способных к взрыву соединений, в качестве ВВ. используются:

- нитросоединения (тринитротолуол, тетрил, гексоген, октоген, нитроглицерин, тэн, нитроклетчатка, нитрометан);
- соли азотной кислоты (нитрат аммония).

Как правило, эти вещества применяются не в чистом виде, а в виде смесей.

По взрывчатым свойствам (условиям перехода горения в детонацию) ВВ подразделяют на:

- иницирующие (первичные);
- бризантные (вторичные);

- метательные (пороха).

Иницирующие ВВ. характеризуются очень высокой скоростью взрывного превращения, высокой чувствительностью, неустойчивым горением, быстрым его переходом в детонацию уже при атмосферном давлении. Взрыв может быть возбужден поджиганием, ударом или трением.

Основными представителями иницирующих ВВ. являются азид свинца, гремучая ртуть, тетразен, тринитрорезорцинат свинца. Иницирующие ВВ. используются для возбуждения взрывов других ВВ.

Бризантные ВВ. более инертны, обладают меньшей чувствительностью к внешним воздействиям. Горение этих ВВ. может перейти в детонацию только при наличии прочной оболочки, либо большего количества ВВ. Относительно безопасны в обращении. Основными представителями бризантных ВВ. являются нитросоединения и взрывчатые смеси на основе нитратов, хлоратов, перхлоратов и жидкого кислорода: тринитротолуол, тетрил, гексоген, октоген др. Применяются при производстве взрывных работ и для снаряжения боеприпасов различных видов и назначения.

Метательные ВВ. (пороха) обладают устойчивым горением, не детонируют в самих жестких условиях.

Место	Год	Нанесённый ущерб
Сан-Франциско	1906	Уничтожено 95% зданий
Токио-Ипогама	1923	Уничтожено 377 тыс. зданий, погибло 311 тыс. человек.
Гамбург	1943	Уничтожено 214 тыс. зданий

Дрезден	1945	Уничтожено 80% зданий
Токио	1945	Пожар на площади 44 км ²

Все виды взрывов можно классифицировать на следующие три группы:

- неконтролируемое резкое высвобождение энергии за короткий промежуток времени и в ограниченном пространстве (взрывные процессы);
- образование облаков топливно-воздушной смеси (ТВС) или других химических газообразных, пылеобразных веществ, их быстрые взрывные превращения (объемный взрыв);
- взрывы трубопроводов, сосудов, находящихся под высоким давлением или с перегретой жидкостью, прежде всего резервуаров со сниженным углеродным газом.

Взрывы проходят за счет высвобождения химической энергии (взрывчатке вещества), внутриядерной энергии (ядерный взрыв), электромагнитной энергии (искровой разряд, лазерная искра), энергии сжатых газов (при превышении давления газа в сосуде предела прочности этого сосуда - различных баллонов, трубопроводов и т.д.)

Наиболее часто взрывы происходят на взрывоопасных объектах (ВОО).

Взрывоопасный объект - это объект, на котором хранятся, используются, производятся, транспортируются вещества (продукты) приобретающие при определенных условиях способность к взрыву.

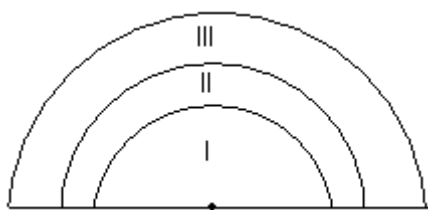
К взрывоопасным объектам относятся:

- предприятия оборонной, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической, газовой промышленности;

- предприятия хлебопродуктовой, текстильной и фармацевтической промышленности
- склады легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных газов.

Основными поражающими факторами взрыва являются:

1. воздушная ударная волна, возникающая при ядерных взрывах, взрывах инициирующих и детонирующих взрывчатых веществ, при взрывных превращениях топливовоздушных смесей (ТВС), газозвудушных смесей (ГВС), взрывах резервуаров с перегретой жидкостью и резервуаров под давлением,
2. осколочные поля, создаваемые летящими обломками разного рода объектов технологического оборудования, строительных деталей.



При взрыве газо-воздушной среды образуется три полусферические области (зоны):

I – зона непосредственного бризантного действия газо-воздушного взрыва вблизи земли (зона полных разрушений);

II – зона действия продуктов взрыва;

III – зона действия воздушной ударной волны.

Эффективное воздействие в I зоне характеризуется разрушениями, которые возникают в результате резкого удара продуктов детонации, находящихся внутри газо-воздушной смеси окружающих предметов. Радиус этой зоны определяется по таблицам или по формуле $Ч_1 = 1.7 Ч_0$.

При взрывах углеводорода, пропана и метана $Ч_0$ имеет значение 8.

Кол-во ГВС	10 т.	50 т.	100 т.	200 т.
Значение $Ч_0$	40 м.	70 м.	90 м.	109 м.

Основными параметрами поражающих факторов являются:

1. – воздушной ударной волны - избыточное давление в её фронте.
2. - осколочного поля - количество осколков, их кинетическая энергия и радиус разлёта.

Ударная волна любых взрывов вызывает большие людские потери и разрушения элементов сооружений. Размеры зон поражения от взрывов возрастают с увеличением их мощности. Действие ударной волны на элементы сооружения характеризуется сложным комплексом нагрузок:

- прямое давление;
- давление отражения;
- давление обтекания;
- давление затекания;
- нагрузка от сейсмозрывных волн и т.п.

Сопrotивляемость элементов сооружений действию ударной волны принято характеризовать величиной избыточного давления во фронте ударной волны, в РФ. Избыточное давление в РФ используется как универсальная характеристика сопротивляемости элементов сооружения действию ударной волны и для определения степени их разрушения и повреждения.

Степень и характер повреждения сооружений при взрывах во время производственных аварий зависят от:

1. - мощности (тротилового эквивалента) взрыва;
- 2.- технических характеристик сооружения (конструкция, прочность, размер, форма - капитальные, временные, наземные, подземные и т.п.);
- 3.- планировки объекта (рассредоточение сооружений), характера застройки, ландшафта местности (рельеф, грунт, заселённость);
- 5.- метеоусловий (направление и сила взрыва, влажность, температура, наличие осадков).

Последствия взрывов

В результате действия поражающих факторов взрыва происходит разрушение или повреждение зданий, сооружений, технологического оборудования, транспортных средств, элементов коммуникаций и других объектов, гибель людей.

Практическая часть

1. Составьте краткий конспект теоретической части
2. Составьте таблицу «Зависимость санитарных и безвозвратных потерь при взрывах от избыточного давления во фронте ударной волны»
3. Подтвердите данные таблицы примерами из реальных условий

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятии в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.
3. Вы можете воспользоваться таблицей, конспектом лекций,

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии оценки:

Выполнение практически всей работы (не менее 70%) – положительная оценка

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №13

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Максимальное давление взрыва

Цель работы: используя алгоритм нахождения максимального давления взрыва и безопасного расстояния по действию воздушной ударной волны научиться производить расчёты тротилового эквивалента, радиуса безопасной зоны, делать выводы о возможностях разрушения технологического оборудования

Теоретическая часть

Максимальное давление взрыва – это давление, которое возникает в результате сгорания или детонации парогазовых смесей в изохорно-адиабатических условиях. При сгорании парогазовой смеси в замкнутом объеме изменение давления в системе вызвано повышением температуры и изменением числа молей газа, которое происходит в результате химического превращения. Исходя из этого, максимальное давление взрыва парогазовых смесей рассчитывают по формуле

$$P_{\text{взр.}} = P_0 \cdot T_{\text{взр.}} \cdot n_{\text{пг}} / T_0 \cdot n_c$$

где P_0 , T_0 и n_c – давление, температура и количество молей горючей смеси до взрыва;

$T_{\text{взр.}}$ и $n_{\text{пг}}$ – температура взрыва и количество молей продуктов горения.

Мощность взрыва и безопасное расстояние по действию воздушных ударных волн

Для оценки мощности взрыва используется понятие тротилового эквивалента. Известно, что при взрыве 1 кг тротила (тринитротолуола - ТНТ) выделяется энергия, равная $Q_{\text{ТНТ}} = 4,19.103$ кДж/кг. Исходя из этого, мощность любого взрыва можно условно характеризовать количеством тротила, которое может произвести во взрыве выделение такого же количества энергии. Количество тротила или тротиловый эквивалент взрыва будет равен

$$M_{\text{ТНТ}} = \frac{Q_{\text{взр.}} \cdot m \cdot \gamma}{Q_{\text{ТНТ}}}$$

$Q_{\text{ТНТ}}$

где $Q_{\text{взр.}}$ – количество теплоты (энергии), выделяющейся при взрыве в кДж/кг; m – масса горючего вещества, участвующего во взрыве; γ – доля потенциальной энергии, перешедшей в кинетическую энергию взрыва.

При взрыве парогазовой смеси углеводородных топлив в ограниченном объеме (оборудование, помещение) коэффициент γ принимают равным 1, при взрыве в неограниченном объеме (взрыв облака парогазовой смеси) коэффициент γ , как правило, принимают равным 0,4.

Учитывая, что $Q_{\text{взр.}} \approx Q_{\text{н}}$, уравнение (45) можно записать в виде

$$M_{\text{ТНТ}} = Q_{\text{H}} * m * \gamma$$

$$Q_{\text{ТНТ}}$$

$$\dot{q}_{\text{ТНТ}} = \underline{Q_{\text{H}}}$$

$$Q_{\text{ТНТ}}$$

$\dot{q}_{\text{ТНТ}}$ называют тротиловым эквивалентом вещества.

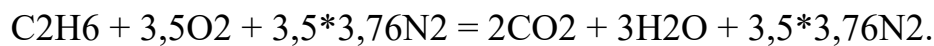
Размер безопасной зоны по действию давления ударной воздушной волны взрыва R без, м, рассчитывают по формуле

$$R_{\text{без ТНТ}} = 15 * \sqrt[3]{M}$$

Практическая часть

Пример 1 . Рассчитать максимальное давление взрыва газовой этановоздушной смеси стехиометрического состава. Считать, что исходная смесь до взрыва находилась при нормальных условиях ($T_0 = 273 \text{ K}$, $P_0 = 101,3 \text{ кПа}$). Оценить возможность разрушения технологического оборудования, рассчитанного на давление $P_{\text{пред}} = 1,5 * 10^3 \text{ кПа}$ при взрыве этановоздушной смеси.

Решение. Запишем уравнение материального баланса процесса горения этана в воздухе



По уравнению определим количество молей газовой смеси до взрыва n_c и после взрыва $n_{\text{пг}}$

$$n_c = 1 + 3,5 + 3,5 * 3,76 = 17,7 \text{ моль};$$

$$n_{\text{пг}} = 2 + 3 + 3,5 * 3,76 = 18,2 \text{ моль}.$$

Температуру взрыва можно определить методом последовательных приближений . Воспользуемся расчетами, где было получено значение температуры взрыва для стехиометрической этановоздушной смеси $T_{\text{взр}} = 2875 \text{ K}$. Подставляя значения величин в формулу получим $P = 1096,9 \text{ кПа}$.

Избыточное давление взрыва

$$\Delta P_{\text{взр}} = P_{\text{взр max}} - P_0 = 1096,9 - 101,3 = 995,6 \text{ кПа},$$

так как $P_{\text{взр max}} < P_{\text{пред}}$, можно сделать вывод, что технологическое оборудование не разрушится.

Пример 2 . Определить тротилловый эквивалент взрыва паровоздушного облака, образовавшегося при аварийном разливе и испарении 500кг ацетона.

Оценить безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны.

Решение. Для определения тротилового эквивалента взрыва паровоздушного

облака необходимо знать Q_H ацетона. Величину Q_H можно рассчитать по

закону Гесса или взять из табл. XI приложения. Согласно справочным

данным для ацетона $Q_H = 1668$ кДж/моль. Учитывая, что масса 1 моля

ацетона равна $58 \cdot 10^{-3}$ кг/моль,

$$Q = 1668 / 58 \cdot 10^{-3} = 28810 \text{ кДж/кг}$$

Доля потенциальной энергии, перешедшей в кинетическую энергию при

взрыве облака парогазовой смеси принимается равной $\gamma = 0,4$. Энергия

взрыва 1 кг тротила

$$Q_{\text{ТНТ}} = 4,19 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг.}$$

Подставляя эти величины в формулу, получим $M_{\text{ТНТ}} = 1375$ кг тротила.

Таким образом, взрыв паровоздушного облака, образовавшегося 500 кг ацетона эквивалентен взрыву 1375 кг тротила.

Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны при взрыве паровоздушной смеси согласно будет равно $R_{\text{без}} = 170$ м.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Определить тротилловый эквивалент взрыва паровоздушного облака, образовавшегося при аварийном разливе и испарении 1000 кг метана. Оценить безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны.
2. Определить тротилловый эквивалент взрыва паровоздушного облака, образовавшегося при аварийном разливе и испарении 300кг этилбензола. Оценить безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны.

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятии в аудиторное время

2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.

3. Вы можете воспользоваться таблицей, конспектом лекций, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии оценки:

Выполнение практически всей работы (не менее 70%) – положительная оценка

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №14

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Стехиометрическая и безопасная концентрация горючего вещества

Цель работы: изучив теоретическую часть научиться производить расчёты минимальной флегматизирующей концентрации и безопасной концентрации кислорода

Теоретическая часть

Зависимость КПР от концентрации флегматизатора

Концентрационная область распространения пламени горючей смеси сужается при введении негорючих компонентов. Изменение концентрационных пределов зависит от природы и концентрации негорючего вещества,используемого в качестве флегматизатора.

Чаще всего в качестве флегматизаторов используют нейтральные газы (нераагирующие в пламени), такие, как углекислый газ CO₂, азот N₂, водяной пар H₂O. При увеличении концентрации флегматизатора в горючей смеси верхний концентрационный предел уменьшается, а нижний, как правило, незначительно увеличивается. При некоторой определенной для

каждого флегматизатора концентрации нижний и верхний концентрационные пределы смыкаются (рис. 1). Эта точка называется экстремальной точкой области распространения пламени или точкой флегматизации. Концентрация флегматизатора, при которой происходит смыкание нижнего и верхнего концентрационных пределов, называется **минимальной флегматизирующей концентрацией (МФК)**. По сути, это минимальное количество флегматизатора, которое необходимо ввести в газоздушную смесь стехиометрического состава, чтобы сделать ее негорючей. Речь идет о стехиометрической смеси, так как она наиболее пожаровзрывоопасна. Минимальную флегматизирующую концентрацию можно рассчитать, если исходить из того, что адиабатическая температура горения смеси стехиометрического состава не может быть меньше 1500 К. Если за предельную адиабатическую температуру горения принять температуру, равную 1500 К, то достаточно точно расчет МФК можно провести по уравнению, которое для этого случая запишется так

$$T_{г} = T_0 + \frac{Q_n}{\Sigma c_p V_{гг} + C_{рф} V_{ф}}$$

где $C_{рф}$ – среднее значение теплоемкости флегматизатора при постоянном давлении для температурного интервала 273-1500 К, $V_{ф}$ – количество флегматизатора в исходной горючей смеси. Тогда из уравнения получим

$$V_{ф} = \frac{Q_n - (T_{г} - T_0) \Sigma c_p V_{гг}}{(T_{г} - T_0) C_{рф}}$$

Если в уравнение подставить значение $T_{г} = 1500$ К, то получим количество флегматизатора в исходной горючей смеси, при котором достигается эта предельная температура горения.

$$V_{ф} = \frac{Q_n - (1500 - T_0) \Sigma c_p V_{гг}}{(1500 - T_0) C_{рф}}$$

где $T_0 = 273$ К.

А минимальная флегматизирующая концентрация в % об. составит:

$$\varphi_{мфк} = \frac{V_{ф} 100}{V_{гг}}$$

$$V_{\Gamma} + V_{O_2} + V_{N_2} + V_{\Phi}$$

При расчете МФК принимают, что при сгорании горючего вещества на этом пределе углерод, содержащийся в нем, окисляется в основном до СО.

Концентрацию горючего в смеси, соответствующей точке флегматизации, в % об.

$$\varphi_{\Gamma\Phi} = \frac{V_{\Gamma} \cdot 100}{V_{\Gamma} + V_{O_2} + V_{N_2} + V_{\Phi}}$$

Концентрацию кислорода в этой же смеси (в точке флегматизации) называют минимальным взрывоопасным содержанием кислорода (МВСК), она будет равна

$$\varphi_{O_2\Phi} = 100 - \varphi_{\Phi} / 4,844$$

Безопасная концентрация кислорода устанавливается с некоторым запасом и рассчитывается по формуле:

$$\varphi_{O_2\text{без}} = 1,2 \varphi_{O_2\Phi} - 4,2$$

Примечание. Значения МВСК, полученные экспериментально для некоторых газовоздушных смесей при разбавлении их СО₂

Практическая часть

Рассчитать минимальную флегматизирующую концентрацию инертного разбавителя, исходя из минимальной адиабатической температуры горения паровоздушной смеси вещества А при разбавлении её флегматизатором Ф, а также минимальное взрывоопасное содержание кислорода и безопасную концентрацию кислорода.

Номер варианта	Название вещества А	Флегматизатор Ф
1	Ацетон	Водяной пар

2	Уксусноэтиловый эфир	Диоксид углерода
3	Диэтиловый эфир	Азот
4	Этиловый спирт	Азот
5	Метиловый спирт	Азот
6	Гексан	Азот
7	Пропилен	Водяной пар
8	Бензол	Диоксид углерода
9	Пропанол-1	Диоксид углерода
0	Пентан	Азот

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятии в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.
3. Вы можете воспользоваться таблицей, конспектом лекций, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии оценки:

Выполнение практически всей работы (не менее 70%) – положительная оценка

ЗАДАНИЕ (контрольная работа) №15

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Вариант1

Задание1.....

..... 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%.

Задание2.....

.....Рассчитать объём воздуха при $T = 283 \text{ K}$ и давлении 110000 Па ,

необходимого для горения 10 м^3 природного газа состава: CH_4 - 80,5%,
 $\text{C}_2 \text{H}_6$ 11%, C_3H_8 - 5%, N_2 -3,5%.

Задание3.....
..... Определите состав (в объёмных процентах) и количество (м^3)
влажных продуктов сгорания при горении 10 кг сена, состава: С-45%, Н-5%,
О-35,5 %, А-5%, N-1,5%, W-8%.

Задание4.....
..... Определить температуру горения керосина состава: С-85%, Н-
12%, О+N- 1%.

Задание5.....
..... Определить температуру самовоспламенения 3- метилбутанола- 2

Вариант2

Задание1.....
..... Определить низшую теплоту сгорания сернистого мазута,
имеющего состав : С- 82,5 %, Н- 10,65%, S-3,1 %, О+ N-0.5%, А- 0.25%, W-
3%.

Задание2.....
.....

Рассчитать объём воздуха при $T= 293 \text{ К}$ и давлении 100000 Па , необходимого
для горения 10 м^3 природного газа состава: CH_4 - 88,5%, $\text{C}_2 \text{H}_6$ -3%, C_3H_8 - 5%,
 N_2 -3,5%.

Задание3.....
.....

Определите состав (в объёмных процентах) и количество (м^3) влажных
продуктов сгорания при горении 8 кг соломы, состава: С-40%, Н-5%, О-40,5
%, А-5%, N-1,5%, W-8%.

Задание4.....
.....Определить калориметрическую температуру горения
керосина состава: С-85%, Н-12%, О+N- 1%.

Задание 5.....
..... Определить температуру самовоспламенения
2,4,6, триэтилбензола.

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятие в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться конспектом лекций

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если все задания контрольной работы выполнены без ошибок и недочётов;
- оценка «хорошо» если все задания контрольной работы выполнены без ошибок,
имеется 2 -3небольших недочёта или одна-две несущественные ошибки ;
- оценка «удовлетворительно» -если контрольная работа выполнена на половину, либо каждое выполненное задание содержит существенные ошибки;
- оценка «неудовлетворительно» -если работа не выполнена или выполнена менее чем на 50 %.

Тема 3.2. Горение пылей

ЗАДАНИЕ (внеаудиторная работа) №16

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Подготовка доклада (работа с научной литературой):

Тема доклада:

«Меры предупреждения загораний и взрывов пылевоздушных смесей»

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется во внеаудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 180 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, глобальной сетью

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение сформулировать цель работы;
- умение подобрать научную литературу по теме;
- полнота и логичность раскрытия темы;
- самостоятельность мышления;
- стилистическая грамотность изложения;
- корректность выводов;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к изложению, оформлению, и представлению творческой работы (доклада).
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и представлении работы.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в содержании, оформлении и представлении работы.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если представленная работа не соответствует требованиям.

Тема 4.1. Горение жидкостей

ЗАДАНИЕ (самостоятельная работа) №17

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Рассчитать температуру вспышки(воспламенения) *i*-го горючего вещества по формуле В.И. Блинова. (см. табл.)

Таблица

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Определяемая величина
1.	Уксусный альдегид	C_2H_4O	Температура вспышки в закрытом тигле
2.	Этилциклопентан	C_7H_{14}	Температура воспламенения
3.	Ацетон	C_3H_6O	Температура воспламенения
4.	Окись этилена	C_2H_4O	Температура воспламенения
5.	Диэтиловый эфир	$(C_2H_5)_2O$	Температура вспышки в открытом тигле
6.	Октан	C_8H_{18}	Температура вспышки в открытом тигле
7.	Амиловый спирт	$C_5H_{12}O$	Температура вспышки в закрытом тигле
8.	Бутилбензол	$C_{10}H_{14}$	Температура вспышки в закрытом тигле
9.	Бромистый бензол	C_6H_5Br	Температура вспышки в открытом тигле
0.	Уксуснопропиловый эфир	$C_5H_{12}O$	Температура воспламенения

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время

2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №18

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Расчёт температурных пределов воспламенения

Цель работы: изучив теоретическую часть и составив алгоритм выполнения расчётов научиться производить расчёты температурных пределов различными способами

Теоретическая часть

Существует несколько полуэмпирических методов расчёта ТПВ, однако они мало отличаются друг от друга по точности.

1. Температурные пределы воспламенения жидкостей рассчитывают по температуре кипения:

$$t_{н(в)} = K * t_{кип} - 1,$$

где $t_{н(в)}$ - нижний (верхний) температурный предел воспламенения, (°C)

$t_{кип}$ - температура кипения, (°C)

$K, 1$ - константы для определённых групп (гомологических рядов) жидкостей

2. Температурные пределы воспламенения могут быть определены по известным значениям концентрационных пределов:

$$P_{н(в)} = \varphi_{н(в)} * P^{\circ} / 100$$

Где $P_{н(в)}$ - давление насыщенного пара, соответствующее нижнему (верхнему) концентрационному пределу воспламенения;

$\varphi_{н(в)}$ - нижний (верхний) концентрационный предел воспламенения

P° - атмосферное давление

По таблицам приложений определяем температуру вещества при которой достигается данное давление. Она будет являться соответственно нижним (верхним) пределом воспламенения

3. Очень простым, но менее точным является расчёт температуры вспышки в закрытом тигле по формуле Элея:

$$t_{вс} = t_{кип} - 18 \sqrt{K}$$

$$K = 4 m_C + m_H + 4 m_S + m_N - 2 m_O - 2 m_{Cl} - 3 m_F - 5 m_{Br}$$

Где $m_C, m_H, m_S, m_N, m_O, m_{Cl}, m_F, m_{Br}$ - количество элементов углерода, водорода, серы, азота, кислорода, хлора, фтора, брома в молекуле горючего вещества

Практическая часть

1. Составьте алгоритм решения задач;
2. Запишите алгоритм в тетрадь;
3. Решите самостоятельно следующие задачи.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. По формуле Элея рассчитать температуру вспышки 2-метилгексана (температура кипения = 90,1 °C)

2. По формуле Эля рассчитайте температуру вспышки бензола(температура кипения = 80 °С)
3. Определить температурные пределы метилового спирта по температуре его кипения , которая равна 65 °С
4. Определить температурные пределы воспламенения ацетона , если его концентрационные пределы воспламенения в воздухе равны 2, 2-13% соответственно. Атмосферное давление нормальное .

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

Тема 5.1. Горение твёрдых веществ и материалов

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №19

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Расчёт параметров пожарной нагрузки.

Цель работы: научиться определять параметры пожарной нагрузки по алгоритму

Теоретическая часть

Собственно пожарной нагрузкой называется масса горючих веществ и материалов, приходящаяся на единицу площади их размещения:

$$P_{\text{нп}} = m / F_{\text{пола}}$$

Степень доступности поверхности горючего для окислителя характеризуется коэффициентом поверхности. Он равен отношению площади поверхности горения к площади пожара:

$$K_{\text{п}} = F_{\text{пг}} / F_{\text{п}}$$

Массовая скорость выгорания представляет собой массу вещества или материала, сгорающего в единицу времени:

$$v_{\text{м}} = \Delta m / \Delta t$$

приведённой массовой скоростью выгорания называется величина равная отношению массовой скорости выгорания к площади пожара

$$v'_{\text{м}} = v_{\text{м}} / F_{\text{п}}$$

удельной массовой скоростью выгорания называется отношение массовой скорости выгорания к площади поверхности горения

$$\bar{v}_{\text{м}} = v_{\text{м}} / F_{\text{пг}}$$

Интенсивность тепловыделения(теплота пожара) показывает, какое количество тепла выделяется при сгорании пожарной нагрузки в единицу времени и определяется по формуле:

$$q_{п}=\beta*Q_{н}* v_{м}$$

Практическая часть

Алгоритм решения задач:

1. Определить массу горючих материалов. Плотность древесины условно принять за 500 кг/м³.
2. Определить пожарную нагрузку.
3. Вычислить площадь поверхности горения, учитывая , что поверхность брусков в местах пересечений друг с другом гореть не будет. Нижняя сторона первого и верхняя сторона последнего рядов пересечений друг с другом не имеют. Таким образом, для штабеля выложенного из брусков квадратного сечения площадь поверхности горения будет равна

$$F_{п} = N(4aL + 2a^2) - 2a^2(n-1)(N/n)^2$$

где N-число брусков в штабеле;

a,b,L-ширина, толщина и длина бруска соответственно;

n- число рядов.

1. Определить коэффициент поверхности горения, учитывая ,что площадь пожара составит в данном случае 1 квадратный метр.
2. Найти массовую скорость выгорания.
3. Найти приведённую и удельную скорость.
4. Определить низшую теплоту сгорания вещества.
5. Вычислить интенсивность тепловыделения.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Определить параметры пожарной нагрузки для помещения площадью S , в котором находится штабель древесины. Штабель выложен из N брусков размером $1*0,05*0,05$ м в n рядов. Время горения равно t , степень выгорания Δm . Плотность древесины принять равной 500 кг/м^3 , коэффициент полноты сгорания $0,9$. Элементный состав древесины: $C=51 \%$; $H=6\%$; $O=13 \%$; $N=20\%$; $W=10\%$. Строительные конструкции выполнены из несгораемых материалов.

№ варианта	$S, \text{м}^2$	N	n	$t, \text{мин.}$	$\Delta m, \%$
1.	12	40	8	20	34
2.	15	45	9	25	37
3.	13	36	9	20	40
4.	20	45	9	15	22
5.	23	40	8	15	25
6.	14	30	6	10	22
7.	18	32	8	10	20
8.	21	40	10	15	25
9.	17	25	5	10	27
0.	10	24	6	10	28

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.

3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (самостоятельная работа) №20

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Определить площадь пожара в помещении (см. рис.) на заданные моменты времени: 7,15,20,25 и 30 мин. Построить план и график развития пожара.



№ варианта	Место возникновения пожара	Масштабный коэффициент а,м.	Предел огнестойкости дверей,ч	Линейная скорость распространения пламени, м/мин.
1.	9	10	0,2	0,6
2.	7	8	0,15	1
3.	5	6	0,2	0,6

4.	3	10	0,15	1,2
5.	1	8	0	0,8
6.	2	6	0,3	0,6
7.	4	8	0	1,2
8.	6	8	0,2	1
9.	8	10	0,15	1,4
0.	0	8	0,2	1,2

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение следовать алгоритму действий;
- умение определять форму пожара и его фигуру;

- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение находить площадь круга, полукруга, сектора, квадрата и прямоугольника;
- умение правильно производить математические расчёты;
- умение строить графики;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

Тема 6.1. Прекращение горения

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №21

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Определение и анализ параметров газообмена на внутреннем пожаре.

Цель работы: научиться определять параметры газообмена на внутреннем пожаре и делать выводы о возможном развитии пожара

Теоретическая часть

Основными параметрами газообмена на внутреннем пожаре являются интенсивность газообмена и коэффициент избытка воздуха. Первый параметр характеризует скорость поступления воздуха в помещение в расчёте на один кв. метр площади пожара. Скорость поступления равна

отношению расхода воздуха, проходящего через проёмы к площади пожара. Второй параметр определяет количество воздуха, поступающего в помещение по отношению к требуемому для сгорания горючего вещества и среднеобъёмную концентрацию кислорода в помещении в данный момент времени.

Во время свободного развития пожара коэффициент избытка воздуха изменяется. Вначале пока мала скорость и расход воздуха невелик проемы практически не лимитируют приток воздуха в помещение. Коэффициент в этом случае может составлять 40 и более. Но по мере увеличения скорости возрастает расход воздуха, а пропускная способность проёмов уменьшается вследствие снижения плоскости равных давлений.

Как показывают эксперименты, коэффициент избытка воздуха снижается до некоторого минимального значения, затем остаётся постоянным и при снижении скорости, вследствие выгорания материала, возрастает.

Также изменяется и среднеобъёмная концентрация кислорода в помещении. Если в ходе уменьшения α она понизится до некоторого значения $\varphi^{пр}O_2$, предельного для данного горючего, пламенное горение постепенно прекратится.

Если среднеобъёмная температура была ниже температуры воспламенения горючих веществ, находящихся в помещении (для твёрдых горючих веществ $300^{\circ}C$), возможно самозатухание пожара.

Если среднеобъёмная температура была выше температуры воспламенения горючих веществ, находящихся в помещении, постепенное прекращение пламенного горения вызовет уменьшение массовой скорости выгорания и соответственно требуемого расхода воздуха. В результате этого наступит момент когда α и $\varphi^{ср}O_2$ начнут возрастать. Когда $\varphi^{ср}O_2$ станет больше $\varphi^{пр}O_2$, пламенное горение возобновится. В случае такого развития пожара, при вскрытии дополнительных проёмов, существует опасность объёмной вспышки.

Если $\varphi^{cp}O_2 < \varphi^{пр}O_2$, пожар будет продолжаться до полного прекращения горения в результате тушения или выгорания пожарной нагрузки.

Практическая часть

Алгоритм решения задач.

1. Рассчитать высоту плоскости равных давлений h_0

$h_0 = H / (1 + \sqrt[3]{\rho_B / \rho_G})$ плотность газов определить по графику (см. приложение)
плотность воздуха - 1,2 кг/м³

1. Рассчитать теоретический расход воздуха, затраченный на горение.

(см. решение задач «Определение расхода воздуха»)

2. Определить коэффициент избытка воздуха, используя формулу:

$$a = G_B / G_B^{теор} = (2/3) \mu B h_0 \sqrt{2 g h_0 \rho_B (\rho_B - \rho_G)}$$

$$\dot{V}_M F_{пр} V_B^0 \rho_B$$

1. Найти:

$$\varphi^Г O_2 = 21(a-1)/a$$

5. Определить $\varphi^{cp}O_2$

$$\varphi^{cp}O_2 = (\varphi^Г O_2 + 10,12) / 1,44$$

6. Сделать выводы о возможном развитии пожара, используя, понятия концентрация кислорода, среднеобъемная температура и вскрытие дополнительных проёмов.

ЗАДАЧА ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. При пожаре в помещении воздух поступает через проём размерами 0,4*1,9 м. Площадь пожара к данному моменту времени составляет 5 м², температура пожара 450 °С, средний элементный состав твёрдого горючего вещества: С=40% Н=4% О=10% N=16% W=15% зола=15% $\dot{V}_M = 0,44$ кг/(м²*мин). Для данного вещества $\varphi^{пр}O_2 = 15\%$.

Рассчитать параметры газообмена и сделать выводы о возможном развитии пожара.

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время

2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.

3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (самостоятельная работа) №22

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Рассчитать параметры газообмена и сделать выводы о возможном развитии пожара в помещении, если газообмен осуществляется через один проём размерами 0,75*1,8 м, остальные параметры указаны в таблице.

№ варианта	F _n м ²	T _n °C	ú _м *10 ⁻² кг/(м ² *с)	φ ^{пр} O ₂ %	Состав горючего,%					
					С	Н	О	S	N	W
1.	6	550	1,85	14	85	14	1	-	-	-
2.	5	475	0,9	16	66,7	2,7	3,4	0,4	0,5	5,5
3.	10	670	0,63	16	70	4	3,4	3	0,6	9
4.	7	500	0,73	10	85	11	0,5	1	1	1,5
5.	10	600	1,5	17	40	4	10	16	15	-
6.	12	650	1,5	15	49,7	6,1	43,6	-	0,1	-
7.	4	450	1,85	14	85	14	1	-	-	-
8.	8	500	0,63	16	70	4	3,4	3	0,6	19
9.	6	550	1,5	17	40	4	10	16	15	-
0.	9	575	0,9	16	66,7	2,7	3,4	0,4	0,5	5,5

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №23

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

*Расчет интенсивности подачи воды, требуемой для прекращения
пламенного горения.*

Цель работы: изучив теоретическую часть, научиться производить расчёт интенсивности подачи тонкораспылённой воды, требуемой для прекращения пламенного горения

Теоретическая часть

Согласно тепловой теории потухания, прекращение пламенного горения наступает в результате понижения температуры пламени до некоторой критической величины, называемой температурой потухания $T_{\text{пот.}}$. Это достигается путем увеличения интенсивности теплоотвода от зоны горения и

(или) уменьшением интенсивности тепловыделения за счет снижения скорости реакции горения.

В результате попадания воды в зону горения часть тепла химической реакции начинает затрачиваться на нагрев, испарение воды и нагрев образующегося пара. В этом заключается механизм охлаждения зоны горения.

Образующийся водяной пар уменьшает концентрацию молекул горючего и окислителя в зоне горения, что приводит к снижению скорости химической реакции соответственно и интенсивности тепловыделения.

Уравнение теплового баланса пламени имеет вид:

$$q_{\text{п}} = q_{\text{з.г}} + q_{\text{луч}},$$

где $q_{\text{п}}$ – интенсивность выделения тепла в зоне горения, кВт; $q_{\text{з.г}}$ – интенсивность накопления тепла в зоне горения; $q_{\text{луч}}$ – интенсивность отвода тепла из зоны горения излучением.

Температура пламени непосредственно определяется величиной $q_{\text{з.г}}$:

$$q_{\text{з.г}} = q_{\text{п}} - q_{\text{луч}}.$$

Величину $q_{\text{луч}}$ можно выразить как долю потерь тепла от $q_{\text{п}}$, называемую коэффициентом излучения. Обозначаем его k_1 . тогда

$$q_{\text{з.г}} = q_{\text{п}} - k_1 q_{\text{п}} \text{ или}$$

$$q_{\text{з.г}} = (1 - k_1) q_{\text{п}}.$$

Интенсивность теплоотвода от зоны горения, требуемую для ее охлаждения до $T_{\text{ном}}$, также выразим в виде доли k_2 от $q_{\text{п}}$. При этом за температуру потухания примем температуру горения смеси, в которой содержание горючего равно нижнему концентрационному пределу распространения пламени $T_{\text{Г}}^{\text{н}}$.

Максимальная температура пламени равна температуре горения смеси стехиометрического состава $T_{\text{Г}}^{\text{ст}}$. Тогда количество тепла, которое необходимо отвести от пламени, будет пропорционально разности $\Delta T = T_{\text{Г}}^{\text{ст}} - T_{\text{Г}}^{\text{н}}$.

Отношение $\Delta T / T_{\text{Г}}^{\text{ст}}$, составит величину k_2 .

Таким образом, требуемая интенсивность теплоотвода q , будет равна:

$$q_{\text{з.г}} = (1 - k_1) k_2 q_{\text{п}}.$$

Коэффициент k_1 зависит от состава горючего вещества. В случае горения газов его можно оценить по выражению:

$$k_1 = 0,048 \sqrt{\sum M_i a_i},$$

где M_i и a_i – молекулярная масса и объемная доля i -го горючего газа в смеси.

Действительную температуру горения при $\alpha = 1$ находят по формуле:

$$T_{Г^{ст}} = T_0 + \frac{Q_H (1 - k_1)}{V_{CO_2} c_p^{CO_2} + V_{H_2O} c_p^{H_2O} + V_{N_2} c_p^{N_2}},$$

где V_{CO_2} , V_{H_2O} , V_{N_2} - количество соответствующего компонента,

найденное по уравнению реакции горения при $\alpha = 1$; c_p , c_p , c_p

- удельная теплоёмкость соответствующего компонента при 1500 К.

Действительную температуру горения на нижнем концентрационном пределе находят по формуле:

$$T_{Г^H} = T_0 + \frac{Q_H (1 - k_1)}{V_{CO_2} c_p^{CO_2} + V_{H_2O} c_p^{H_2O} + V_{N_2} c_p^{N_2} + \Delta V_{в} c_p^{N_2}}$$

Коэффициент избытка воздуха на нижнем концентрационном пределе распространения пламени α_H равен:

$$\alpha_H = \frac{100 - \varphi_H}{\varphi_H V_{в}^0},$$

с использованием формул (63) – (65) рассчитывается коэффициент k_2 как соотношение $(T_{Г^{ст}} - T_{Г^H}) / T_{Г^{ст}}$. Низшую теплоту сгорания находят по таблицам или известным формулам.

Количество тепла, которое способна отнять вода от зоны горения при полном испарении складывается из трех составляющих:

$$Q = Q_{н.в} + Q_{и} + Q_{н.п},$$

где $Q_{н.в}$ - количество тепла, затрачиваемое на нагрев воды до температуры кипения, кДж; $Q_{и}$ - количество тепла, отбираемое за счет испарения воды, кДж; $Q_{н.п}$ - количество тепла, затрачиваемое на нагрев пара от 100 °С до температуры потухания.

В развернутой форме это уравнение имеет вид:

$$Q = m_{\text{в}} C_{\text{в}} \Delta T_{\text{в}} + m_{\text{в}} r + m_{\text{п}} C_{\text{п}} \Delta T_{\text{п}},$$

где $m_{\text{в}}$ и $m_{\text{п}}$ – масса испарившейся воды и пара соответственно, кг; $C_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воды, кДж / (кг * град); r – удельная теплота испарения воды, кДж/кг; $C_{\text{п}}$ – средняя удельная теплоемкость пара в диапазоне температур от 100 до 1000 ° С, кДж/(кг *град).

Очевидно, что $m_{\text{в}} = m_{\text{п}}$. После подстановки численных значений получим $Q \approx 4400$ кДж/кг. Это означает, что каждый килограмм (литр) воды, подаваемой в объем зоны горения, после полного испарения и разогрева пара до $T_{\text{пот}}$, отнимает от зоны химических реакций примерно 4400 кДж. При расходе воды, равном $g_{\text{в}}$, л/с, интенсивность отвода тепла от факела пламени при указанных условиях составит:

$$G_{\text{отв}} = Q g_{\text{в}}.$$

Тушение наступит, если $g_{\text{отв}} > g$. Откуда получим требуемый расход воды $g^{\text{ТР}}$, л/с:

$$g^{\text{ТР}} > g / Q = \frac{(1-k_1)k_2q_{\text{п}}}{q}, \text{ л/с.}$$

Практическая часть

1. Изучите теоретическую часть практической работы
2. Составьте алгоритм решения задач
3. Самостоятельно решите задачу

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Определите интенсивность подачи тонкораспылённой воды, теоретически необходимой для тушения пламени бензола. Приведённая массовая скорость выгорания составляет 0,038 кг/(м²*с); низшая теплота сгорания-3149,2 кДж/моль; коэффициент полноты сгорания- 0,85; коэффициент излучения- 0,3.

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время

2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.

3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (самостоятельная работа) №24

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Рассчитать интенсивность подачи тонкораспылённой воды, теоретически необходимой для тушения пламени. Коэффициент полноты сгорания принять равным 0,8; начальную температуру окружающей среды 20 °С.

№	Вещество	Q_H	$\varphi_H\%$	\dot{u}'_m	k_1
---	----------	-------	---------------	--------------	-------

варианта		кДж/моль		кг/(м ² *с)	
1.	Гептан(C ₇ H ₁₆)	4501	1,07	0,09	0,3
2.	Ксилол(C ₈ H ₁₀)	4375	1,1	0,07	0,4
3.	Кумол(C ₉ H ₁₂)	5608,9	0,88	0,06	0,4
4.	Гексан(C ₆ H ₁₄)	4200,9	1,2	0,1	0,3
5.	Этилбутират(C ₆ H ₁₂ O ₂)	3285	1,4	0,057	0,2
6.	Сероуглерод(CS ₂)	1065,5	1,25	0,04	0,2
7.	Октан(C ₈ H ₁₈)	5116	0,98	0,079	0,3
8.	Этилбензол(C ₈ H ₁₀)	4386,9	1	0,088	0,4
9.	Нонан(C ₉ H ₂₀)	5731	0,78	0,062	0,38
0.	n-Цимол (C ₆ H ₁₂)	5616	0,8	0,055	0,3

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи

- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (практическая работа) №25

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Определение критической и оптимальной интенсивности подачи пены

Цель работы: изучив теоретическую часть практической работы научиться определять параметры подачи пены для прекращения горения

Теоретическая часть

Процесс прекращения горения жидкости пеной можно условно разделить на две стадии: растекание пены по зеркалу жидкости и накапливания изолирующего слоя. На обеих стадиях происходит разрушение пены под действием различных факторов. Накопление пены на поверхности горючего может начаться, если интенсивность её подачи больше интенсивности разрушения. Необходимо помнить, что интенсивность подачи J всегда задается в л/(с*м²) по пенообразующему раствору. Произведение JK (K – кратность пены) равно интенсивности подачи пены. Интенсивность подачи, при которой количество подаваемой пены равно количеству разрушаемой пены, называется критической J° .

Очевидно, что объем слоя пены, накопленного за время тушения, равен разности объемов пены, поданной и разрушенной. Соответственно интенсивность накопления пены $J(\text{нак})$ равна $J-J^{\circ}$. Отсюда критическая интенсивность подачи раствора равна:

$$J^{\circ}=J-J(\text{нак}),$$

Если известен объем пены, накопленный к моменту тушения $V(\text{нак})$, величину $J(\text{нак})$ можно вычислить по формуле

$$J(\text{нак}) = (V(\text{нак}) \cdot 10^3) / (jF_p K) = (HF_p \cdot 10^3) / (jF_p K) = (H \cdot 10^3) / (jK),$$

Где H – толщина накопленного слоя пены, м; F_p – площадь зеркала жидкости (резервуара), м²; j – время подачи пены, с; K – кратность пены.

Коэффициент 10^3 необходим для перевода м³ в литры.

Оптимальной является интенсивность подачи $J(\text{opt})$ при которой удельный расход $V(\text{уд})$ раствора пенообразователя минимален. Известно, что зависимость времени тушения пеной от интенсивности подачи раствора может быть описана уравнением общего вида:

$$J = B \cdot ((J + J^\circ) / (J - J^\circ))$$

Где B – коэффициент, зависящий от вида пенообразователя и параметров пены, имеющей размерность времени.

Так как $q(\text{уд}) = Jj$, можно записать:

$$V(\text{уд}) = BJ \cdot ((J + J^\circ) / (J - J^\circ))$$

Для определения $J(\text{opt})$ строят график зависимости $V(\text{уд}) = f(J)$ и находят значение O при котором $V(\text{уд})$ минимален. Коэффициент B можно принять равным 1, так как он влияет на положение минимума.

Практическая часть

1. Рассмотрите пример решения задачи
2. Составьте алгоритм решения задач
3. Самостоятельно решите подобные задачи

Пример: Определить критическую и оптимальную интенсивности подачи раствора пенообразователя по результатам опыта. Пена подавалась в течение 30 с двумя ГПС-200. Площадь резервуара 30 м². Толщина слоя пены после тушения составила 0,3 м.

Решение:

1. Находим интенсивность подачи раствора:

$$J = qn / F_p = 2 \cdot 2 / 30 = 0.13 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2),$$

Где q производительность пеногенератора по раствору, л/с; n – число пеногенераторов;

F_p – площадь резервуара, м².

2. Принимая $K=100$, определяем интенсивность накопленной пены:

$$J(\text{нак}) = ((0,3 \cdot 103) / (30 \cdot 100)) = 0,1 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$$

3. Находим критическую интенсивность подачи:

$$J^{\circ} = 0,13 - 0,1 = 0,03 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2).$$

4. Строим график $V(\text{уд})=f(J)$. Поскольку из практики известно что $J(\text{opt})=(2-3)J$, задаем

следующие значения $J^{\wedge} 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07$ и $0,08 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$. Принимаем $V=1 \text{ с}$. По

формуле $V(\text{уд}) = VJ \cdot ((J+J^{\circ}) / (J+J^{\circ}))$ получаем следующие значения $V(\text{уд})$ и для удобства

и их в таблицу.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1.1 Определить критическую и оптимальную интенсивности подачи раствора пенообразователя по результатам опыта. Пена подавалась в течение 60 с тремя ГПС-

200. Площадь резервуара 70 м^2 . Толщина слоя пены после тушения составила $0,4 \text{ м}$.

1.2 Определить критическую и оптимальную интенсивности подачи раствора пенообразователя по результатам опыта. Пена подавалась в течение 50 с двумя ГПС-

600. Площадь резервуара 100 м^2 . Толщина слоя пены после тушения составила $0,3 \text{ м}$.

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время

2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.

3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ (внеаудиторная работа) №26

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

Самостоятельное решение задач(решение расчётных задач)

Определить критическую и оптимальную интенсивности подачи раствора пенообразователя по результатам опыта. Время подачи раствора- t . Пена подавалась n генераторами. Площадь резервуара равна F_p . Толщина слоя пены после тушения равна H .

№ варианта	Пеногенератор	n	F_p м ²	t ,с	H ,м
1.	ГПС-200	2	28	40	0,4
2.	ГПС-600	2	113	60	0,5
3.	ГПС-600	3	113	60	0,4

4.	ГПС-200	1	28	60	0,3
5.	ГПС-200	3	78	50	0,3
6.	ГПС-200	2	78	90	0,4
7.	ГПС-200	2	28	50	0,6
8.	ГПС-600	4	314	90	0,6
9.	ГПС-200	3	78	30	0,2
0.	ГПС-200	2	28	50	0,6

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется во внеаудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

2.2. Задания для проведения промежуточного контроля в форме экзамена

ТЕКСТ ЗАДАНИЯ:

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ:

1. Горение. Виды и режимы горения. Условия возникновения, развития и прекращения горения.
2. Явления ,сопровождающие горение. Пламя, его строение, цвет и свечение. Продукты горения, дым. Материальный баланс процессов горения.
3. Материальный баланс процессов горения. Коэффициент избытка воздуха. Температура и теплота горения.
4. Воспламенение и самовоспламенение. Источники зажигания: понятия и виды.
5. Теории воспламенения и самовоспламенения горючих веществ. Температура воспламенения и самовоспламенения.
6. Катализаторы, их классификация, механизм действия; использование ингибиторов в качестве огнетушащих средств.
7. Процесс самовозгорания, его предупреждение. Его отличие от самовоспламенения и воспламенения причины, условия и меры предупреждения теплового, химического и микробиологического самовозгорания
8. Взрывопожарные газоздушные смеси, их образование в производственных условиях.
9. Теория распространения горения газов.

10. Концентрационные пределы распространения пламени, их зависимость от различных факторов. Стехиометрическая и безопасная концентрация горючего вещества.
11. Давление взрыва и температура взрыва, их практическое значение. Классификация взрывоопасных смесей.
12. Образование взрывопожароопасных пылевоздушных смесей в производственных условиях. Классификация и свойства пылей.
13. Меры предупреждения загораний и взрывов пылей и пылевоздушных смесей в производственных условиях.
14. Температурные пределы. Теплообмен в процессе горения жидкостей. Причины, условия и механизм вскипания и выброса горящих жидкостей.
15. Испарение, его скорость. Насыщенный и ненасыщенный пар, его концентрация. Основные показатели пожарной опасности для жидкостей.
16. Состав и свойства твёрдых горючих веществ. Основные показатели пожарной опасности для твердых веществ и материалов.
17. Горение древесины, его особенности. Пути снижения горючести твёрдых веществ и материалов.
18. Оценка взрывопожарной и пожарной опасности веществ и материалов. Общие понятия и методика оценки пожарной опасности веществ и материалов.
19. Горение металлов, его особенности. Пути снижения горючести твёрдых веществ и материалов.
20. ГОСТы, регламентирующие взрывопожарную и пожарную опасность. Область применения показателей пожарной опасности веществ и материалов.
21. Предельные параметры процессов горения.
22. Температура потухания и пути её достижения. Способы прекращения процесса горения.

23. Огнетушащие вещества, их классификация и свойства.
24. Пена как огнетушащее вещество. Свойства пены. Механизм прекращения горения пенными веществами.
25. Огнетушащие вещества. Области их применения и механизм действия различных огнетушащих веществ.
26. Вода как огнетушащее вещество. Механизм прекращения пламенного горения водой.
27. Порошковые огнетушащие составы. Механизм прекращения горения порошками.
28. Механизм прекращения горения пламени химически активными ингибиторами.
29. Механизм прекращения горения пламени нейтральными газами.
30. Тепловая теория потухания пламени. Физико-химические механизмы прекращения горения пламени.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ:

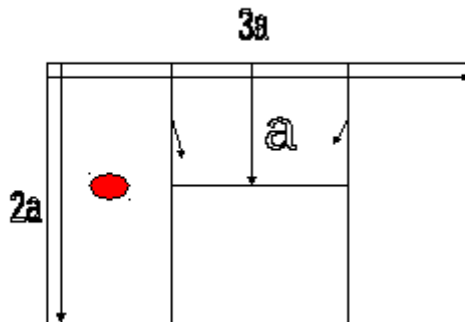
1. Задача. Определить параметры пожарной нагрузки для помещения площадью 12 м^2 , в котором находится штабель древесины. Штабель выложен из 40 брусков, размером $1 \times 0,1 \times 0,1 \text{ м}$ в 8 рядов. При данных условиях за 20 минут выгорает 25% его массы. Плотность древесины принять равной 500 кг/м^3 , коэффициент полноты сгорания - 0,9. элементный состав древесины: С=40%, Н= 4%, азот = 16 %, О= 10 %, влага=15 %, остальное- зола. Строительные конструкции выполнены из негорючих материалов.
2. Задача. Определить ТПВ воспламенения в гомологическом ряду жирных углеводородов: бутан, пентан, гексан, октан, температуры кипения которых соответственно равны $273,5 \text{ К}$; 309 К ; $341,7 \text{ К}$; $398,7 \text{ К}$. построить график изменения ТПВ от положения горючего в гомологическом ряду.

3. Задача. По формуле Блинова определить температуру воспламенения этилового спирта.
4. Задача. По формуле Элея рассчитать температуру вспышки 3-метилгексана (темп. кипения = $92,8^{\circ}\text{C}$)
5. Задача. По аппроксимационной формуле рассчитать НКПВ и ВКПВ пентена в воздухе.
6. Задача. Определить низшую теплоту сгорания сернистого мазута, имеющего состав : С- 82,5 %, Н- 10,65%, S-3,1 %, О+ N-0.5%, А- 0.25%, W-3%.
7. Задача. Определите концентрационные пределы воспламенения газовой смеси, состоящей из 30% пропана, 40 % бутана и 30%ацетилен.
8. Задача. Рассчитать объём воздуха при $T= 303 \text{ K}$ и давлении 100000 Па, необходимого для горения 5 м^3 природного газа состава: CH_4 - 88,5%, $\text{C}_2 \text{H}_6$ -4%, C_3H_8 - 4%, N_2 -3,5%.
9. Задача. Определить интенсивность подачи тонкораспылённой воды, теоретически необходимой для тушения пламени этилбензола. Приведённая массовая скорость выгорания составляет-0,088 кг/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$); низшая теплота сгорания-4386,9кДж/моль; коэффициент полноты сгорания- 0,85; коэффициент излучения -0,4; НКПВ-1%
- 10.Задача. Определить температуру самовоспламенения 3- метилбутанола-1.
 1. Задача. Определите состав (в объёмных процентах) и количество (м^3) влажных продуктов сгорания при горении 8 кг соломы, состава: С-45%, Н-10%, О-40,5 %, А-5%, N-1,5%, W-8%.
 1. Задача. Рассчитать параметры газообмена и сделать выводы о возможном развитии пожара в помещении, если газообмен осуществляется через один проём размерами $0,75 * 1,8 \text{ м}$, площадь пожара составляет 10 м^2 ; температура пожара достигла 700°C , средний элементный состав горючего вещества:С-70%,Н-4 %,О-3,4,S-3%.N-

- 0.6%, W-9%. Массовая скорость выгорания составляет $0,0063 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.
при данных условиях плотность дымовых газов составляет $0,4 \text{ кг}/\text{м}^3$ Для
данного вещества предельная концентрация кислорода равна 16 %.
2. Задача.. 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.
 3. Задача. Определить параметры пожарной нагрузки для помещения
площадью 16 м^2 , в котором находится штабель древесины. Штабель
выложен из 50 брусков, размером $1 \times 0,1 \times 0,1 \text{ м}$ в 10 рядов. При данных
условиях за 25 минут выгорает 30% его массы. Плотность древесины
принять равной $500 \text{ кг}/\text{м}^3$, коэффициент полноты сгорания- 0,9.
элементный состав древесины: С=40%, Н= 4%, азот = 16 %, О= 10 %,
влага=15 %, остальное- зола. Строительные конструкции выполнены из
несгораемых материалов.
 4. Задача. По формуле Блинова рассчитать температуру вспышки в
закрытом тигле для амилового спирта.
 5. Задача. 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.
 6. Задача..Определить критическую и оптимальную интенсивности
подачи раствора пенообразователя по результатам опыта. Пена
подававалась в течение 90 секунд четырьмя ГПС-600. площадь
резервуара 314 м^2 . толщина слоя пены после тушения составила $0,6 \text{ м}$.
 7. Задача. Определить интенсивность подачи тонкораспылённой воды,
теоретически необходимой для тушения пламени этилбензола.
Приведённая массовая скорость выгорания составляет $-0,088 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

низшая теплота сгорания-4386,9кДж/моль; коэффициент полноты сгорания- 0,85; коэффициент излучения -0,4; НКПВ-1%

8. Задача. Определить критическую и оптимальную интенсивности подачи раствора пенообразователя по результатам опыта. Пена подавалась в течение 50 секунд тремя ГПС-200. площадь резервуара 28 м². Толщина слоя пены после тушения составила 0,6 м.
9. Задача. Рассчитать объём воздуха при T= 293 К и давлении 100000 Па, необходимого для горения 10 м³ природного газа состава: CH₄- 88,5%, C₂H₆-3%, C₃H₈- 5%, N₂-3,5%.
10. Задача. Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 5,15, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. A=10м, предел огнестойкости дверей равен 0,15; линейная скорость распространения пламени составляет 0,8м/мин.



11. Задача. Определить критическую и оптимальную интенсивности подачи раствора пенообразователя по результатам опыта. Пена подавалась в течение 60 секунд тремя ГПС-600. площадь резервуара 113 м². Толщина слоя пены после тушения составила 0,4 м.
12. Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 5,15, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. A=10м, предел огнестойкости дверей равен 0,15; линейная скорость распространения пламени составляет 0,8м/мин.

1. Задача. По формуле Элея рассчитать температуру вспышки 2-метилгексана (темп.кипения = $90,1^{\circ}\text{C}$)

1. Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 5,15, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=10\text{м}$, предел огнестойкости дверей равен $0,2$; линейная скорость распространения пламени составляет $0,9\text{м/мин}$.

1. Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 5,15, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=10\text{м}$, предел огнестойкости дверей равен $0,2$; линейная скорость распространения пламени составляет 1 м/мин .

1. Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 5,15, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=10\text{м}$, предел огнестойкости дверей равен $0,2$; линейная скорость распространения пламени составляет 1 м/мин .

1. Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 6,12, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=8\text{ м}$, предел огнестойкости дверей равен $0,1$; линейная скорость распространения пламени составляет 1 м/мин .

1. Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 6,12, 20,25 мин. Построить план и график развития

пожара. $A=7$ м, предел огнестойкости дверей равен 0,2; линейная скорость распространения пламени составляет 1 м/мин.

1. Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 7,14, 20,30 мин. Построить план и график развития пожара. $A=10$ м, предел огнестойкости дверей равен 0,1; линейная скорость распространения пламени составляет 1,2 м/мин.

2.3. Пакет экзаменатора

ПАКЕТ ЭКЗАМЕНАТОРА		
<p>Задание: Теоретическое и практическое</p> <p>Теоретические и практические вопросы разбиваются на варианты. В каждом варианте 1 теоретический и 1 практический вопрос.</p>		
Результаты освоения (объекты оценивания)	Основные показатели оценки результата и их критерии	Тип задания; № задания
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:		
•		Теоретический вопрос №7,19,24,27 Практические вопросы №21,52
		Теоретический вопрос № 8-16,25,26,18,21,22, 23,28 Практические вопросы №

		1-11,13-20,23-27,29-36,38-41,43-45,47, 53,55,57, 12,21,22,28,37,42,46,54,56
В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:		
		Теоретические вопросы 1-6, 30,31
		Теоретические вопросы 15,19,24,25,28.30,31
•		Теоретические вопросы № 8-16,25,26,18,21,22,23,28 Практические вопросы 1-58
		Теоретические вопросы № 8-16,25,26,18,21,22,23,28 Практические вопросы 1-58
<u>Условия выполнения задания</u>		
1. Место (время) выполнения задания: <u>задание выполняется в аудитории</u>		
2. Максимальное время выполнения задания: <u>30</u> минут		
3. Вы можете воспользоваться <u>справочным материалом</u>		
4. Требования охраны труда: _____		
5. Оборудование:		
Шкала оценки образовательных достижений (для всех заданий)		
Процент результативности (правильных ответов)	Оценка уровня подготовки балл (отметка) вербальный аналог	
90 ÷ 100	«5»-отлично	

80 ÷ 89	«4»- хорошо
70 ÷ 79	«3»- удовлетворительно
менее 70	«2»- неудовлетворительно