

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Теория горения и взрыва

**Код модуля**  
1152690(1)

**Модуль**  
Теоретические основы профессиональной  
деятельности

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Королев Владимир Николаевич	д.т.н., профессор	профессор	Теплоэнергетики и теплотехники

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.А. Смирнова

**Авторы:**

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Теория горения и взрыва

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	2
		Домашняя работа	1

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Теория горения и взрыва

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-3 -Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов	Д-1 - Проявлять умение видеть детали, упорство, аналитические умения З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения З-3 - Сделать обзор основных методов статистической обработки и анализа результатов измерений З-4 - Перечислить основные нормативные документы, регламентирующие оформление	Домашняя работа Практические/семинарские занятия Экзамен

	<p>научно-технических отчетов и защиту прав интеллектуальной собственности</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов</p> <p>П-2 - Оформить научно-технический отчет, публикацию научных результатов, документы защиты интеллектуальной собственности в соответствии с нормативными требованиями</p> <p>У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания</p> <p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-3 - Оценивать оформление научно-технических отчетов, публикаций научных результатов, документов защиты интеллектуальной собственности на соответствие нормативным требованиям</p>	
<p>ОПК-1 -Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>Д-1 - Проявлять лидерские качества и умения командной работы</p> <p>З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и общепрофессиональных наук</p> <p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и</p>	<p>Домашняя работа Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен</p>

	<p>общеинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общеинженерных наук</p>	
<p>ОПК-6 -Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективност и производственного цикла и продукта</p>	<p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p>	<p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

**3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)**

### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	6,4	30
<i>контрольная работа № 1</i>	6,8	25
<i>контрольная работа № 2</i>	6,10	25
<i>активность на лекциях</i>	6,16	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.5</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>выполнение практических работ</i>	6,16	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – нет</b>		

**Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено**

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## **5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

### **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

#### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### **5.1.2. Практические/семинарские занятия**

Примерный перечень тем

1. Расчет теплоты сгорания и количества воздуха, требуемого для полного сгорания горючих веществ
2. Уравнения состояния идеального и реального газа. Смеси газов
3. Тепловой эффект реакции. Адиабатная температура горения и взрыва
4. Скорость реакции, зависимость ее от температуры (закон Аррениуса). Константа равновесия. Энергия активации
5. Температура самовоспламенения (взрыва). Формулы Семенова и Франк - Каменецкого
6. Вынужденное зажигание (воспламенение). Концентрационные границы зажигания (воспламенения)



7. Зажигание неподвижной смеси. Ламинарный режим распространения фронта пламени

8. Явление взрыва. Вычисление параметров продуктов взрыва.

Примерные задания

Определить высшую и низшую теплоту сгорания 1 кг метана ( $\text{CH}_4$ ) и количество воздуха теоретически и действительно необходимого (коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1,2$ ) для сгорания 1 м<sup>3</sup> метана .

В помещение объемом 100 м<sup>3</sup> при давлении воздуха 1 бар и температуре 25оС произошло истечение 6 кг метана ( $\text{CH}_4$ ). Определить массовую и мольную долю метана в смеси с воздухом

Реакция водорода с кислородом сопровождается взрывом. Определить максимальную (адиабатную) температуру и давление взрыва. Подогрев исходной смеси отсутствует.

В помещении объемом воздуха 100 м<sup>3</sup> произошло истечение 10 кг пропана ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ). В результате короткого замыкания в проводах возникла искра, температура которой составила 535оС. Определить начальную скорость реакции горения пропана.

Определить произойдет ли самовоспламенение (тепловой взрыв) водорода, находящегося в сосуде сферической формы радиусом 0,1 м, если стенки сосуда нагреются до 77оС, произойдет их разгерметизация и водород смешается с воздухом.

В помещении объемом 500 м<sup>3</sup> при давлении воздуха 0,98 бар и температуре 200С произошло истечение 5 кг ацетилена ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ). Определить, может ли данная смесь ацетилена с воздухом самовоспламениться при проскакивании электрической искры, если нижний предел распространения пламени ацетилена равен 2,5%, а верхний – 80%.

Пары, разлитого в цехе бензина воспламенились. Толщина слоя разлитого бензина 5см. Линейная скорость горения, равная скорости испарения. Плотность паров бензина 0,71 кг/м<sup>3</sup>. Определить массовую скорость горения и время полного выгорания бензина.

В помещении, объем которого 130 м<sup>3</sup> при давлении 1 бар и температуре 20оС произошла утечка ацетилена ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ). Мольная доля ацетилена в смеси с воздухом составила 15%. В результате искры произошло самовоспламенение (взрыв) смеси и распространение пламени в детонационном режиме. Определить массу ацетилена, плотность и удельный объем исходной смеси, скорость детонации, давление продуктов взрыва, скорость продуктов сгорания и тротиловый эквивалент взрыва.

LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### **Базовый**

#### **5.2.1. Контрольная работа № 1**

Примерный перечень тем

1. 1. Смеси газов. Массовые и мольные доли. Соотношение между ними. Массовая и мольная концентрация. 2. Тепловой эффект реакции. Закон Гесса. Теплота образования и взрыва. 3.Связь между теплотой изобарно-изотермической и изохорно- изотермической

реакциями. Зависимость теплоты реакции от температуры. 4. Адиабатная температура горения и адиабатная температура взрыва.

Примерные задания

Задача. В помещение объемом  $V$  м<sup>3</sup> при давлении воздуха 1 бар и температуре 25оС произошло истечение  $V$  м<sup>3</sup> ацетилена ( $C_2H_2$ ). Рассчитать теплоту сгорания данной массы ацетилена и теплоту сгорания 1 кг смеси горючего вещества с воздухом. Плотность ацетилена 1,09 кг/м<sup>3</sup>. Определить максимальную (адиабатную) температуру и давление взрыва ацетилена ( $C_2H_2 + 2,5O_2 = 2CO_2 + H_2O$ ). Подогрев исходной смеси отсутствует. Принять, что число молей реагентов, участвующих в реакции, равны стехиометрическим коэффициентам. Все компоненты реакции находятся в газообразном состоянии. Показатель адиабаты трехатомных газов равен 1,33. Значения мольной изобарной теплоемкости водяного пара и теплоту его образования взять из таблиц.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. 1. Зависимость скорости реакции горения от температуры (закон Аррениуса). 2. Зависимость скорости реакции горения от состава смеси при постоянном давлении. 3. Процесс самовоспламенения ( по Семенову). 4. Теория теплового самовоспламенения ( по Франк-Каменецкому). 5. Границы самовоспламенения. 6. Вынужденное воспламенение. 7. Зажигание от нагретого тела. 8. Искровое зажигание. 9. Концентрационные границы зажигания, влияние давления, температуры и наличие примесей на границы зажигания

Примерные задания

Баллон емкостью 0,3 м<sup>3</sup> находился в помещении объемом 100 м<sup>3</sup>, температура в котором была 25оС, а давление 1 бар. В баллоне находилось  $M$  кг горючего газа, состоящего из смеси метана, этана, пропана и бутана. Объемные доли (в процентах): метана ( $CH_4$ ) в смеси  $rCH_4$ , этана ( $C_2H_6$ )  $rC_2H_6$ , пропана ( $C_3H_8$ )  $rC_3H_8$  и бутана ( $C_4H_{10}$ )  $rC_4H_{10}$ . Во время пожара стенки емкости нагрелись до температуры 400оС. Произошел физический, а следом, и химический взрыв в форме детонации. Оценить температуру взрыва. Вычислить теплоту сгорания смеси. Определить нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени для горючей смеси. Известно: энергия активации 60000 Дж/моль. Концентрационные пределы распространения пламени газов: пропан (2,37 – 9,5)%; бутан (1,86 – 8,4)%; метан (5 – 15)%; этан (3,22 – 12,45)%. Значение низшей теплоты сгорания газов в кДж/кг: пропан 46330; бутан 45720; метан 50029; этан 47510.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Детонационный режим распространения пламени. 2. Отличие ударной волны от звуковой. 3. Механизм детонационного распространения пламени. 4. Гидродинамическая теория детонации. 5. Вычисление параметров детонационной волны для газовых смесей.

Примерные задания

Сферическая емкость объемом  $V$  м<sup>3</sup>, заполненная сжатым бутаном ( $C_4H_{10}$ ), находилась в помещении объемом 120 м<sup>3</sup>, температура в котором была 25оС, а давление 1 бар. В результате пожара стенки емкости нагрелись до температуры  $t$  оС, произошел

физический, а следом и химический взрыв. Возникла детонационная волна. Рассчитать температуру самовоспламенения, тепловой эффект взрыва, скорость детонационной волны и давление продуктов сгорания. Определить тротильный эквивалент взрыва. Плотность бутана в емкости 8,1 кг/м<sup>3</sup>. Показатель адиабаты для продуктов сгорания 1,33. Энергия активации 50000 Дж/моль. Низшая теплота сгорания бутана 45720 кДж/кг.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Экзамен**

Список примерных вопросов

1. Теплота сгорания, ее расчет.
2. Понятие пламени, фронта пламени.
3. Гомогенное и гетерогенное горение
4. Факторы, обеспечивающие устойчивое горение.
5. Направление движения фронта пламени.
6. Классификация процесса горения по скорости распространения пламени
7. Уравнение состояния идеального газа.
8. Смеси веществ: массовые и мольные доли, соотношения ними.
9. Концентрация вещества: массовая и мольная концентрация.
10. Теплоемкость, удельная теплоемкость. Теплоемкость при постоянном объеме и при постоянном давлении, соотношения между ними.
11. Тепловой эффект реакции.
12. Закон Гесса, следствия из закона, теплота образования, теплота взрыва.
13. Связь между  $Q_p$  и  $Q_v$ .
14. Зависимость теплоты реакции от температуры.
15. Адиабатная температура горения. • Адиабатная температура взрыва.
16. Давление взрыва. • Скорость реакции.
17. Закон действующих масс, константа равновесия. • Влияние давления на скорость реакции.
18. Зависимость скорости реакции от температуры (закон Аррениуса) и от изменения состава смеси.
19. Общее условие воспламенения. • Два способа воспламенения. • Процесс самовоспламенения ( по Семенову).
20. Теория теплового самовоспламенения ( по Франк-Каменецкому). • Границы самовоспламенения
21. Вынужденное воспламенение.
22. Зажигание от нагретого тела. • Искровое зажигание.
23. Концентрационные границы зажигания, влияние давления, температуры и наличие примесей на границы зажигания.
24. Зажигание неподвижной смеси. • Процесс распространения пламени, режимы.
25. Аналитическое решение задачи по определению массовой скорости распространения пламени и скорости нормального горения.
26. Детонационный режим распространения пламени. • Отличие ударной волны от звуковой.

27. Механизм детонационного распространения пламени. • Гидродинамическая теория детонации.

28. Вычисление параметров детонационной волны для газовых смесей. • Факельный процесс горения.

29. Горение жидких веществ, механизм горения, выгорание со свободной поверхности, горение капли жидкости. • Горение твердых органических веществ

30. Механизм взрывчатого превращения. • Физические и химические взрывы.

31. Факторы, определяющие возможность химического взрыва. • Взрывчатые и взрывоопасные вещества.

32. Стадии и формы взрыва. • Классификация взрывов по плотности веществ. • Параметры взрыва.

33. Тротильный эквивалент. • Особенности взрывов в воде и грунте.

34. Способы инициирования взрыва. • Взрывчатые смеси.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ОПК-1	З-1 П-1	Домашняя работа Практические/семинарские занятия