



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И. о. директора института
Электроэнергетики и
электроники

В.В. Максимов

«18» февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.20 Топливо и теория горения

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Квалификация Бакалавр

Казань, 2025

Программу разработала:

Наименование кафедры	Должность, уч. степень, уч. звание	ФИО разработчика
Инженерная экология и безопасность труда	Доцент, к.х.н.	Сафина Г.Г.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ИЭ	13.02.2025	2	<hr/> Зав. кафедрой, д.т.н., проф. Николаева Л.А.
Согласована	Учебно-методический совет института	18.02.2025	6	<hr/> И.о. директора ИЭЭ, к.т.н., доцент Максимов В.В.
Одобрена	Ученый совет института	18.02.2025	8	<hr/> И.о. директора ИЭЭ, к.т.н., доцент Максимов В.В.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью дисциплины «Топливо и теория горения» является формирование базовых знаний об энергетическом топливе, его составе и свойствах; процессе горения и его видах, условиях возникновения и протекания; расчете параметров процесса горения.

Задачи дисциплины:

- дать информацию о составе, характеристиках, свойствах, методах исследования топлив;
- научить определять теплотехнические характеристики топлива;
- сформировать знания по процессу горения;
- научить рассчитывать параметры процесса горения;
- сформировать знания о горении органического топлива;
- сформировать навыки расчета материального и теплового баланса процесса горения топлива.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении	ОПК-1.1 Изучает и анализирует механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире
ОПК-2 Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.3 Демонстрирует знание основных законов химии и понимание химических процессов

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, др.:

1. Химия.
2. Физика.
3. Органическая химия.
4. Математика.
5. Теоретические основы теплотехники.

Последующие дисциплины (модули), практики, др.:

1. Химия нефти и газа.
2. Безопасность химических процессов и охрана труда.
3. Производственная практика.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			4
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	5	180	180
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	2,75	99	99
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	2,33	84	84
Лекции	0,94	34	34
Практические (семинарские) занятия	0,45	16	16
Лабораторные работы	0,94	34	34
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,67	96	96
Проработка учебного материала	1,67	60	60
Курсовой проект	0	0	0
Курсовая работа	0	0	0
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э

Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекций	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. Топливо и его свойства	54	10	16	8	20	ТК1	ОПК-2.3
Раздел 2. Основы теории горения	50	12		18	20	ТК2	ОПК-1.1, ОПК-2.3
Раздел 3. Горение органического топлива	40	12		8	20	ТК3	ОПК-1.1, ОПК-2.3
Экзамен	36				36	ОМ	ОПК-1.1, ОПК-2.3
ИТОГО	180	34	16	34	96		

3.2. Содержание дисциплины

Раздел 1. Топливо и его свойства.

Топливо-энергетические ресурсы. Общие сведения об органическом топливе и его классификация. Основные теплотехнические свойства и состав органического топлива. Характеристика отдельных видов топлива. Методы исследования топлив.

Раздел 2. Основы теории горения.

Основные сведения о процессе горения. Уравнения реакций горения. Кинетика и классификация химических реакций. Закон действующих масс. Зависимость скорости реакции от температуры и давления. Закон Гесса. Физические основы процесса горения. Расчет параметров процесса горения.

Раздел 3. Горение органического топлива.

Горение топлива (газового, жидкого, твердого). Материальный и тепловой баланс горения топлива.

3.4. Тематический план практических занятий

1. Пересчет элементного состава топлив с одной массы на другую. Расчеты по определению состава топлива.

2. Расчет коэффициента горючести. Составление уравнений процесса горения.

3. Расчет количества окислителя.

4. Расчет объема продуктов сгорания.

5. Расчет тепловых эффектов химических реакций. Закон Гесса.

6. Расчет теплоты сгорания.

7. Расчет адиабатической температуры горения стехиометрической смеси.

8. Расчет адиабатической температуры горения вещества сложного состава.

9. Расчет температуры самовоспламенения.

10. Расчет температуры вспышки.

11. Расчет стехиометрической концентрации.

12. Расчет температурных пределов воспламенения.

13. Материальный баланс горения топлива.

14. Тепловой баланс горения топлива.

3.3. Тематический план лабораторных работ

1. Определение общей серы в твердом топливе.

2. Определение влаги топлива.

3. Определение зольности твердого топлива.

4. Определение выхода летучих веществ топлива.

3.4. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ОПК-1	ОПК-1.1	знать: химические реакции, протекающие при горении, механизмы процессов горения топлива				
		уровень знаний химических реакций, протекающих при горении, механизмов процессов горения топлива в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	уровень знаний химических реакций, протекающих при горении, механизмов процессов горения топлива в объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место несколько негрубых ошибок	минимально допустимый уровень знаний химических реакций, протекающих при горении, механизмов процессов горения топлива, имеет место много негрубых ошибок	уровень знаний химических реакций, протекающих при горении, механизмов процессов горения топлива ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	
		уметь: составлять уравнения реакций горения				
		продемонстрировано умение составлять уравнения реакций горения в полном объеме	продемонстрировано умение составлять уравнения реакций горения, но некоторые с недочетами	продемонстрировано умение составлять уравнения реакций горения, но не в полном объеме	при составлении уравнений реакции горения имеют место грубые ошибки	
		владеть: навыками расчета основных показателей процессов горения, методами вычисления тепловых эффектов реакции горения				

			<p>продемонстрированы навыки расчета основных показателей процессов горения, владение методами вычисления тепловых эффектов реакции горения без ошибок и недочетов</p>	<p>продемонстрированы базовые навыки расчета основных показателей процессов горения, владение методами вычисления тепловых эффектов реакции горения некоторыми недочетами</p>	<p>имеется минимальный набор навыков расчета основных показателей процессов горения, владение методами вычисления тепловых эффектов реакции горения некоторыми недочетами</p>	<p>при расчете основных показателей процессов горения, вычисления и тепловых эффектов реакции горения не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки</p>
ОПК-2	ОПК-2.3	<p>знать: химический состав топлива, его теплотехнические характеристики, основные законы химии применительно к процессам горения топлива, основы кинетики химических реакций горения топлива</p>				
		<p>уровень знаний химического состава топлива, его теплотехнических характеристик, основных законов химии применительно к процессам горения топлива, основ кинетики химических реакций горения в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок</p>	<p>уровень знаний химического состава топлива, его теплотехнических характеристик, основных законов химии применительно к процессам горения топлива, основ кинетики химических реакций горения в объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место несколько негрубых ошибок</p>	<p>минимально допустимый уровень знаний химического состава топлива, его теплотехнических характеристик, основных законов химии применительно к процессам горения топлива, основ кинетики химических реакций горения, имеет место много негрубых ошибок</p>	<p>уровень знаний химического состава топлива, его теплотехнических характеристик, основных законов химии применительно к процессам горения топлива, основ кинетики химических реакций горения ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки</p>	
		<p>уметь: проводить расчеты основных параметров и температуры горения; составлять материальный и тепловой баланс процесса горения топлива</p>				

			продемонстрировано умение проводить расчеты основных параметров и температуры горения; составлять материальный и тепловой баланс процесса горения топлива в полном объеме	продемонстрировано умение проводить расчеты основных параметров и температуры горения; составлять материальный и тепловой баланс процесса горения топлива в полном объеме, но с некоторыми недочетами	продемонстрировано умение проводить расчеты основных параметров и температуры горения; составлять материальный и тепловой баланс процесса горения топлива, но не в полном объеме	не показано умение проводить расчеты основных параметров и температуры горения; составлять материальный и тепловой баланс процесса горения топлива
владеть: методами пересчета элементарного состава топлива; расчетного и экспериментального определения теплотехнических свойств топлива						
			Продемонстрировано владение методами пересчета элементарного состава топлива; расчетного и экспериментального определения теплотехнических свойств топлива без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки пересчета элементарного состава топлива; расчетного и экспериментального определения теплотехнических свойств топлива с некоторыми недочетами	имеется минимальный набор навыков пересчета элементарного состава топлива; расчетного и экспериментального определения теплотехнических свойств топлива с некоторыми недочетами	не продемонстрировано владение методами пересчета элементарного состава топлива; расчетного и экспериментального определения теплотехнических свойств топлива, имеют место грубые ошибки

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Теория горения топлива. Технический анализ твердого топлива : учебное пособие / И. В. Иванова, А. Ф. Смоляков, И. Н. Дюкова, А. А. Куликов. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2016. — 32 с. — ISBN 978-5-9239-0812-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/74025>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Барочкин, Е. В. Теплоэнергетические процессы и установки электрических станций. Котельные установки : учебное пособие / Е. В. Барочкин, М. Ю. Зорин, А. Е. Барочкин ; под редакцией В. Н. Виноградова. — Иваново : ИГЭУ, 2024. — 308 с. — ISBN 978-5-00062-606-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/449432>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Теория горения топлива. Технический анализ твердого топлива : учебное пособие / И. В. Иванова, А. Ф. Смоляков, И. Н. Дюкова, А. А. Куликов. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2016. — 32 с. — ISBN 978-5-9239-0812-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/74025>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Теория горения топлива : учебное пособие / И. В. Иванова, А. А. Куликов, И. Н. Дюкова [и др.] ; под редакцией И. В. Ивановой. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. — 156 с. — ISBN 978-5-9239-1323-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/288902>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Ведрученко, В. Р. Топливо и основы теории горения : монография / В. Р. Ведрученко, В. В. Крайнов. — Омск : ОмГУПС, 2010. — 261 с. — ISBN 978-5-949-41056-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129137>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Ведрученко, В. Р. Технический анализ энергетического топлива : учебно-методическое пособие / В. Р. Ведрученко, М. В. Кокшаров, А. С. Гусаров. — Омск : ОмГУПС, 2021 — Часть 1 — 2021. — 28 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/190170>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Коньков, А. Ю. Газотурбинные установки компрессорных станций : учебное пособие / А. Ю. Коньков. — Хабаровск : ДВГУПС, 2023. — 127 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/433580>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Коврик, И. И. Сжигание твердого топлива : практ. пособие / И. И. Коврик. — Минск : ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ, 2021. — 52 с. — ISBN 978-985-6809-92-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/312128>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии Росстандарт. Стандарты и регламенты, <https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts>.

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации – <https://minenergo.gov.ru/opendata>

«Гарант» – <http://www.garant.ru/>

«Консультант плюс» – <http://www.consultant.ru/>

Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» – <https://docs.cntd.ru/document/>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Windows 7 Профессиональная (Starter).
2. Браузер Chrome.
3. Браузер Firefox.
4. OpenOffice.
5. LMS Moodle

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Доска аудиторная, проектор мультимедийный, экран, переносное оборудование – ноутбук
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска аудиторная, проектор мультимедийный, экран, переносное оборудование – ноутбук
Лабораторные работы	Учебная лаборатория «Лаборатория топлива и масел»	Специализированная учебная мебель, сушильный шкаф, муфельная печь, электронные весы, электрическая плитка, эксикатор, тигли, бюксы, химическая посуда
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет	Моноблок (30 шт.), проектор, экран
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www/kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине

Б1.О.20 Топливо и теория горения

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Квалификация Бакалавр

1. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ОПК-1	ОПК-1.1	знать: химические реакции, протекающие при горении, механизмы процессов горения топлива				
		уровень знаний химических реакций, протекающих при горении, механизмов процессов горения топлива в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	уровень знаний химических реакций, протекающих при горении, механизмов процессов горения топлива в объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место несколько негрубых ошибок	минимально допустимый уровень знаний химических реакций, протекающих при горении, механизмов процессов горения топлива, имеет место много негрубых ошибок	уровень знаний химических реакций, протекающих при горении, механизмов процессов горения топлива ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	
		уметь: составлять уравнения реакций горения				
		продемонстрировано умение составлять уравнения реакций горения в полном объеме	продемонстрировано умение составлять уравнения реакций горения, но некоторые с недочетами	продемонстрировано умение составлять уравнения реакций горения, но не в полном объеме	при составлении уравнений реакции горения имеют место грубые ошибки	
		владеть: навыками расчета основных показателей процессов горения, методами вычисления тепловых эффектов реакции горения				

			продемонстрированы навыки расчета основных показателей процессов горения, владение методами вычисления тепловых эффектов реакции горения без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки расчета основных показателей процессов горения, владение методами вычисления тепловых эффектов реакции горения некоторыми недочетами	имеется минимальный набор навыков расчета основных показателей процессов горения, владение методами вычисления тепловых эффектов реакции горения некоторыми недочетами	при расчете основных показателей процессов горения, вычисления и тепловых эффектов реакции горения не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки
ОПК-2	ОПК-2.3	знать: химический состав топлива, его теплотехнические характеристики, основные законы химии применительно к процессам горения топлива, основы кинетики химических реакций горения топлива				
		уровень знаний химического состава топлива, его теплотехнических характеристик, основных законов химии применительно к процессам горения топлива, основ кинетики химических реакций горения в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	уровень знаний химического состава топлива, его теплотехнических характеристик, основных законов химии применительно к процессам горения топлива, основ кинетики химических реакций горения в объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место несколько негрубых ошибок	минимально допустимый уровень знаний химического состава топлива, его теплотехнических характеристик, основных законов химии применительно к процессам горения топлива, основ кинетики химических реакций горения, имеет место много негрубых ошибок	уровень знаний химического состава топлива, его теплотехнических характеристик, основных законов химии применительно к процессам горения топлива, основ кинетики химических реакций горения ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	
		уметь: проводить расчеты основных параметров и температуры горения; составлять материальный и тепловой баланс процесса горения топлива				

			продемонстрировано умение проводить расчеты основных параметров и температуры горения; составлять материальный и тепловой баланс процесса горения топлива в полном объеме	продемонстрировано умение проводить расчеты основных параметров и температуры горения; составлять материальный и тепловой баланс процесса горения топлива в полном объеме, но с некоторыми недочетами	продемонстрировано умение проводить расчеты основных параметров и температуры горения; составлять материальный и тепловой баланс процесса горения топлива, но не в полном объеме	не показано умение проводить расчеты основных параметров и температуры горения; составлять материальный и тепловой баланс процесса горения топлива
владеть: методами пересчета элементарного состава топлива; расчетного и экспериментального определения теплотехнических свойств топлива						
			Продемонстрировано владение методами пересчета элементарного состава топлива; расчетного и экспериментального определения теплотехнических свойств топлива без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки пересчета элементарного состава топлива; расчетного и экспериментального определения теплотехнических свойств топлива с некоторыми недочетами	имеется минимальный набор навыков пересчета элементарного состава топлива; расчетного и экспериментального определения теплотехнических свойств топлива с некоторыми недочетами	не продемонстрировано владение методами пересчета элементарного состава топлива; расчетного и экспериментального определения теплотехнических свойств топлива, имеют место грубые ошибки

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание технологических методов расчета норм расхода материалов, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание технологических методов расчета норм расхода материалов, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре и тестовых заданий*;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение *расчетных работ в семестре и тестовых заданий*.

Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Контрольная работа (КнТР)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету

2. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1:

Примеры тестовых заданий.

1. Топливо, применяемое для выработки теплоты и электроэнергии в промышленных масштабах, называется:

- 1) технологическим;
- 2) энергетическим;
- 3) моторным.

2. Топливо, применяемое для двигателей, называется:

- 1) технологическим;
- 2) энергетическим;
- 3) моторным.

3. Топливо, используемое без предварительной обработки, называется:

- 1) топливными отходами;
- 2) искусственным;
- 3) естественным.

4. К ископаемым видам топлива относится:

- 1) древесный уголь;

- 2) кокс;
 - 3) каменный уголь;
 - 4) шлак.
5. К возобновляемым видам топлива относится:
- 1) нефть;
 - 2) древесина;
 - 3) торф;
 - 4) природный газ.
6. К искусственному относится топливо:
- 1) ископаемое;
 - 2) получаемое в результате переработки природного топлива;
 - 3) используемое без предварительной обработки;
 - 4) энергетическое.
7. По происхождению и методу получения генераторный газ является:
- 1) твердым, искусственным;
 - 2) газообразным, естественным;
 - 3) газообразным, искусственным;
 - 4) газообразным, топливным отходом.
8. По происхождению и методу получения мазут является:
- 1) жидким, топливным отходом;
 - 2) жидким, естественным;
 - 3) жидким, искусственным;
 - 4) газообразным, искусственным.
9. К горючим элементам органического топлива относятся:
- 1) С, Н, О;
 - 2) Н, N, О;
 - 3) С, Н, S_л;
 - 4) только О.
10. При полном сгорании 1 кг серы выделяется _____ МДж теплоты.
11. Основным горючим элементом твердого топлива является _____.
12. Если зольность твердого топлива в сухом состоянии $A^c = 10 \%$, влажность топлива в рабочем состоянии $W^p = 5 \%$, то зольность топлива в рабочем состоянии $A^p = \underline{\hspace{2cm}} \%$.
13. Выход летучих V^c в процентах на сухое беззольное состояние экспериментально определяется путем прокаливания 1 г твердого топлива без доступа воздуха в течение 7 мин при температуре:
- 1) $900 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - 2) $700 \dots 800 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - 3) $105 \dots 110 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - 4) $500 \text{ }^\circ\text{C}$.
14. Количество кислорода, необходимое для полного сгорания 12 кг углерода, в соответствии со стехиометрической реакцией $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ равно $\underline{\hspace{2cm}}$ кг.
15. Количество двуокиси углерода в кг, получаемое при полном сгорании

12 кг углерода, в соответствии со стехиометрической реакцией $C + O_2 = CO_2$, равно ____ кг.

16. Если $\alpha_v = 1,1$ – коэффициент избытка воздуха, V_v – действительное количество воздуха, $V^o = 8 \text{ м}^3/\text{кг}$ – теоретически необходимое количество воздуха, то действительное количество воздуха для полного сгорания топлива равно ____ $\text{м}^3/\text{кг}$.

17. Теплота сгорания, принятая для «условного топлива», равна:

- 1) 29,7 МДж/кг;
- 2) 23,9 МДж/кг;
- 3) 39,2 МДж/кг;
- 4) 29,3 МДж/кг.

18. Если $V_{CO_2} = 0,5 \text{ м}^3/\text{кг}$ – объем сухого диоксида углерода, $V_{SO_2} = 0,3 \text{ м}^3/\text{кг}$ – объем сухого диоксида серы, то объем трехатомных продуктов сгорания равен _____ $\text{м}^3/\text{кг}$.

19. Аналитическая проба топлива это:

- 1) общее число порций, отобранных за сутки;
- 2) измельченная первичная проба;
- 3) лабораторная проба, приведенная к воздушно-сухому состоянию.

20. После сушки теплота сгорания топлива:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

21. Высшая теплота сгорания топлива:

- 1) количество теплоты, получаемой при сжигании 1 кг или 1 м^3 топлива, включая теплоту конденсации пара из дымовых газов;
- 2) количество теплоты, полученной при сжигании 1 кг топлива;
- 3) количество теплоты, полученной при сжигании 1 м^3 топлива;
- 4) теплота конденсации пара из дымовых труб.

22. К балласту топлива относятся:

- 1) влага, азот;
- 2) влага, зольность;
- 3) общая сера;
- 4) углерод.

Примеры заданий для контрольной работы.

Вариант 1

Задача 1. Состав горючей смеси: $C^{\Gamma} = 74,5 \%$, $H^{\Gamma} = 5,6 \%$, $A^c = 30 \%$, $O^{\Gamma} = 11,9 \%$, $W^p = 13,5 \%$, $S_{\text{II}}^{\Gamma} = 6,4 \%$.

1. Определите N^{Γ} .
2. Определите, на сколько процентов (относительно исходного значения) изменится содержание горючих веществ в рабочей массе топлива:
 - а) при уменьшении зольности рабочей массы в 1,25 раза;
 - б) при увеличении влаги рабочей массы в 1,5 раза.

Задача 2. Определите содержание азота и кислорода в рабочей массе топочного мазута, у которого $O^{\Gamma} = 1,2 \%$, $N^{\Gamma}/O^{\Gamma} = 0,2$, $W^{\text{P}} = 0,4 \%$, $A^{\text{P}} = 0,2 \%$.

Вариант 2

Задача 1. Состав каменного угля: $C^{\Gamma} = 73,5 \%$, $H^{\Gamma} = 5 \%$, $O^{\Gamma} = 20,2 \%$, $N^{\Gamma} = 1,1 \%$, $S_{\text{л}}^{\Gamma} = 0,2 \%$, $A^{\text{C}} = 16 \%$, $W^{\text{P}} = 19 \%$.

1. Найдите C^{P} , H^{C} , O^{C} , A^{P} .
2. Рассчитайте зольность аналитической массы и выход летучих веществ в расчете на аналитическую массу топлива, если при сгорании 1,3 г топлива масса остатка составила 0,4 г.

Пример структуры отчета по лабораторной работе:

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие разделы:

- название и цель лабораторной работы;
- сущность метода определения исследуемого показателя;
- краткое описание хода выполнения эксперимента;
- полученные экспериментальные данные и результаты их расчетной обработки (при необходимости);
- выводы;
- ответы на контрольные вопросы.

Для текущего контроля ТК2:

Вопросы к комплексному заданию.

1. Объясните, что такое горение и назовите условия для его возникновения.
2. Гомогенное и гетерогенное горение.
3. Определение теоретически необходимого количества воздуха на горение индивидуального горючего вещества и смеси горючих веществ.
4. Поясните, влияет ли избыток воздуха на объем продуктов сгорания.
5. Объясните, что вы понимаете под сухими и влажными продуктами сгорания горючих веществ.
6. Классифицируйте температуру горения. Укажите различия между отдельными видами температуры горения.
7. Температура вспышки, воспламенения и самовоспламенения.
8. Методы определения температуры вспышки.
9. Концентрационные пределы воспламенения газовых смесей.
10. Поясните, что понимается под стехиометрической концентрацией и как производится ее расчет.
11. Сущность закон Гесса на примере реакции горения углерода.
12. Зависимость величины теплового эффекта химической реакции от температуры (закон Кирхгофа).
13. Определение теплового эффекта реакции горения.
14. Понятие о скорости химической реакции.
15. Условия, определяющие скорость химической реакции.

16. Кинетический закон действующих масс.

17. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса.

18. Энергия активации. Методы определения энергии активации.

Типовые задачи.

1. Составьте уравнение реакции горения сероуглерода в кислороде и воздухе.

2. Составьте уравнение реакции горения метанола, этанола и определите стехиометрический коэффициент

3. Определите теоретическую массу и объем воздуха, необходимого для горения 1 м^3 метана при нормальных условиях.

4. Определите объем воздуха при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 1 атм, необходимый для сгорания 5 м^3 природного газа, содержащего 87,8 % метана, 3 % этана, 1,2 % пропана, 7 % углекислого газа, 2 % азота.

5. Определите объем и состав сухих продуктов сгорания 100 м^3 природного газа.

6. Определите объем и состав влажных продуктов сгорания 1 кг каменного угля состава (в %): $\text{C}^{\text{P}} = 75,5 \%$, $\text{H}^{\text{P}} = 3,5 \%$, $\text{O}^{\text{P}} = 2,7 \%$, $\text{N}^{\text{P}} = 1 \%$, $\text{S}^{\text{P}} = 2,4 \%$, $\text{W}^{\text{P}} = 3 \%$; $\text{A}^{\text{P}} = 11,9 \%$.

7. Рассчитайте по закону Гесса низшую теплоту горения этана, если теплота его образования равна 20,2 ккал/кг.

8. Рассчитайте действительную температуру горения вещества следующего состава (в %): $\text{C}^{\text{P}} = 60 \%$, $\text{H}^{\text{P}} = 7 \%$, $\text{N}^{\text{P}} = 25 \%$, $\text{W}^{\text{P}} = 8 \%$, если горение протекает при избытке воздуха, равном 1,1, а потери тепла на излучение составляют 25 %.

9. Рассчитайте температуру самовоспламенения этилового спирта.

10. Вычислите нижний концентрационный предел воспламенения смеси этана и пропана, если этана 85 % об., пропана – 15 % об.

11. Определите температурные пределы воспламенения метана.

12. Определите температуру вспышки изобутанола, если его температура кипения составляет $107,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Для текущего контроля ТКЗ:

Вопросы к комплексному заданию.

1. Понятие о механизме реакции.

2. Механизм реакции горения газообразного топлива.

3. Тепловое воспламенение газообразного топлива и концентрационные пределы.

4. Горение жидкого топлива.

5. Горение твердого топлива.

6. Продукты сгорания топлива.

Типовые задачи.

1. Сколько выделится тепла при сжигании 15 м^3 сухого газа следующего состава: $\text{CH}_4 = 89,3 \%$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 2,5 \%$, $\text{C}_3\text{H}_8 = 1,5\%$, $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,7 \%$, $\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,5 \%$, $\text{CO}_2 = 0,8 \%$, $\text{N}_2 = 4,7 \%$.

2. Торф состава $C^{\Gamma} = 56,5 \%$, $H^{\Gamma} = 6 \%$, $O^{\Gamma} = 34,7 \%$, $N^{\Gamma} = 2,5 \%$, $S_{\text{Д}}^{\Gamma} = 0,3 \%$, $A^{\text{С}} = 12,5 \%$, $W^{\text{P}} = 48,5 \%$. Рассчитайте полное объемное количество газообразных продуктов сгорания при $\alpha = 1,3$. Определите, как изменится теплота сгорания топлива при уменьшении влаги рабочей массы в 1,2 раза.

3. Состав бурого угля Подмосковского бассейна: $C^{\Gamma} = 68,8 \%$, $H^{\Gamma} = 5 \%$, $O^{\Gamma} = 20,1 \%$, $N^{\Gamma} = 1 \%$, $S_{\text{Д}}^{\Gamma} = 5,1 \%$, $A^{\text{С}} = 32 \%$, $W^{\text{P}} = 37\%$, $W^{\text{а}} = 14 \%$. Определите, на сколько процентов (относительно исходного значения) изменится содержание горючих веществ в рабочей массе топлива:

- 1) при увеличении зольности рабочей массы в 1,2 раза;
- 2) при уменьшении влаги рабочей массы в 1,5 раза.

4. Содержание химических элементов в буром угле: $C^{\Gamma} = 64 \%$, $H^{\Gamma} = 5,8 \%$, $O^{\Gamma} = 24,4 \%$, $N^{\Gamma} = 1 \%$, $S_{\text{Д}}^{\Gamma} = 4,8 \%$, $A^{\text{С}} = 39 \%$, $W^{\text{P}} = 29 \%$, $W^{\text{а}} = 13 \%$. Определите долю теплоты сгорания топлива, отводимой от продуктов сгорания в топке котла, если температура дымовых газов на выходе из топки $700 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Условия сжигания: $\alpha = 1,25$; $t_{\text{В}} = 250 \text{ }^{\circ}\text{C}$, энтальпией топлива можно пренебречь.

Для промежуточной аттестации:

Примеры контрольных вопросов промежуточной аттестации

1. Общие сведения и классификация топлива.
2. Характеристики твердого топлива.
3. Характеристики жидкого топлива.
4. Характеристики газообразного топлива.
5. Элементный химический состав топлива. Расчетные массы топлива.
6. Основные теплотехнические характеристики топлива.
7. Первичная, лабораторная, аналитическая пробы топлива. Представительность проб топлива. Способы отбора проб топлива.
8. Методы исследования топлива.
9. Зольность, минеральные примеси топлива. Определение зольности топлива.
10. Влажность топлива. Определение влаги топлива.
11. Летучие вещества и кокс. Определение выхода летучих веществ.
12. Расчетное и экспериментальное определение теплоты сгорания топлива.
13. Понятие о процессе горения и условиях его возникновения.
14. Виды и режимы горения.
15. Теоретический и действительный расход воздуха на горение.
16. Воспламенение и самовоспламенение.
17. Теплота и температура горения.
18. Пределы воспламенения горючей смеси.
19. Сущность закон Гесса. Определение теплового эффекта реакции горения.
20. Зависимость величины теплового эффекта химической реакции от температуры (закон Кирхгофа).
21. Понятие о скорости химической реакции.

22. Условия, определяющие скорость химической реакции.
23. Кинетический закон действующих масс.
24. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса.
25. Самовозгорание и взрываемость топлива.
26. Горение газового топлива.
27. Горение твердого топлива.
28. Горение жидкого топлива.

Примеры заданий промежуточной аттестации.

Задача 1. Определите содержание азота и кислорода в рабочей массе топочного мазута, у которого $O^Г = 1,2 \%$, $N^Г/O^Г = 0,2$, $W^P = 0,4 \%$, $A^P = 0,2 \%$.

Задача 2. Состав горючей смеси: $C^Г = 74,5 \%$, $H^Г = 5,6 \%$, $A^C = 30 \%$, $O^Г = 11,9 \%$, $W^P = 13,5 \%$, $S_{Д}^Г = 6,4 \%$. Определите, на сколько процентов (относительно исходного значения) изменится содержание горючих веществ в рабочей массе топлива:

- а) при уменьшении зольности рабочей массы в 1,5 раза;
- б) при увеличении влаги рабочей массы в 1,2 раза.

Задача 3. Состав каменного угля: $C^Г = 73,5 \%$, $H^Г = 5 \%$, $O^Г = 20,2 \%$, $N^Г = 1,1 \%$, $S_{Д}^Г = 0,2 \%$, $A^C = 16 \%$, $W^P = 19 \%$.

3.1. Найдите C^P , H^C , O^C , A^P .

3.2. Рассчитайте зольность аналитической массы и выход летучих веществ в расчете на аналитическую массу топлива, если при сгорании 1,3 г топлива масса остатка составила 0,4 г.

Задача 4. При сгорании 1,1 г топлива, содержащего кислород в расчете на сухую массу 10 %, масса остатка составила 0,8 г. Определите содержание кислорода в расчете на аналитическую массу, если известно, что выход летучих веществ в расчете на аналитическую массу равен 21 %.

Задача 5. Состав каменного угля: $C^Г = 73,5 \%$, $H^Г = 5 \%$, $O^Г = 20,2 \%$, $N^Г = 1,1 \%$, $S_{Д}^Г = 0,2 \%$, $A^C = 16 \%$, $W^P = 19 \%$. Рассчитайте объемное количество сухих газообразных продуктов сгорания и массу золошлаковых остатков при $\alpha = 1,4$.

Задача 6. Составьте уравнение реакции горения пропана в кислороде и воздухе.

Задача 7. Состав бурого угля Подмосковского бассейна: $C^Г = 68,8 \%$, $H^Г = 5 \%$, $O^Г = 20,1 \%$, $N^Г = 1 \%$, $S_{Д}^Г = 5,1 \%$, $A^C = 32 \%$, $W^P = 37 \%$. Определите теоретическое и действительное количество воздуха, необходимое для сжигания 1 кг топлива, при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,2$. Рассчитайте высшую и низшую теплоту сгорания топлива.

Задача 8. Определите объем и массу воздуха, необходимого для горения 1 кг органической массы состава: C – 66 %, H – 5 %, N – 3 %, O – 20 %, W – 6 %, если коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,5$; температура воздуха 300 К, давление 99700 Па.

Задача 9. Состав бурого угля следующий: $C^{\Gamma} = 65,5 \%$, $H^{\Gamma} = 5,3 \%$, $O^{\Gamma} = 23,9 \%$, $N^{\Gamma} = 1 \%$, $S^{\Gamma}_{\text{л}} = 4,3 \%$, $A^{\text{с}} = 41,5 \%$, $W^{\text{д}} = 32 \%$. Условия сжигания: $\alpha = 1,7$; $t_{\text{в}} = 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$, энтальпией топлива можно пренебречь.

9.1. Определите долю теплоты сгорания топлива, отводимой от продуктов сгорания в топке котла, если температура дымовых газов на выходе из топки $750 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

9.2. Рассчитайте объемное количество сухих газов, входящих в состав продуктов сгорания, и массу образующихся золошлаковых отходов.