

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



Декан факультета Бурковский А.В.

«31» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Сжигание и термическая переработка топлива»

**Направление подготовки 13.03.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И
ТЕПЛОТЕХНИКА**

Профиль Промышленная теплоэнергетика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2017

Автор программы

/Барakov А.В./

Заведующий кафедрой
Теоретической и
промышленной
теплоэнергетики

/Барakov А.В./

Руководитель ОПОП

/Кожухов Н.Н./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины состоит в обеспечение фундаментальной подготовки, позволяющей развить навыки по правильному выбору и расчёту горения топлива в различных теплопотребляющих агрегатах промышленной теплоэнергетики и теплотехники.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Изучение основных видов промышленного топлива, его состава, классификации и маркировки; изучение методик составления материальных и тепловых балансов процессов горения; изучение кинетики процесса горения, в том числе процессов смесеобразования, воспламенения и химического реагирования; изучение особенностей сжигания различных видов топлива и устройств для их реализации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Сжигание и термическая переработка топлива» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Сжигание и термическая переработка топлива» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

ПК-2 - способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.

ПК-4 - способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-2	знать основные виды промышленного топлива, его состав и маркировку; основные термохимические уравнения полного и неполного горения; кинетику процесса горения

	уметь составлять материальный баланс горения; составлять тепловой баланс горения
	владеть навыками применения основных физических и химических закономерностей при расчёте горения топлив
ПК-2	знать особенности сжигания твёрдого, жидкого и газообразного топлива
	уметь производить выбор и расчёт устройств сжигания топлива
	владеть навыками выбора и расчёта топливопотребляющих устройств
ПК-4	знать методики экспериментального исследования теплофизических свойств различных топлив
	уметь осуществлять статистическую обработку результатов экспериментального исследования
	владеть методами теоретического (расчётного) и экспериментального определения параметров топлива и процесса горения

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины «Сжигание и термическая переработка топлива» составляет 5 з.е.

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам занятий.

Очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоёмкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

Заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	20	20
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	8	8
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Самостоятельная работа	151	151
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоёмкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоёмкости по видам занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц.	Прак. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час.
1	Введение в дисциплину	Основные тенденции развития топливного баланса России. Современное состояние газового баланса России. Основные потребители газообразного, жидкого и твёрдого топлива. Значение рационального использования топлив и основные пути его совершенствования. Задачи курса и его связь со смежными дисциплинами	2	-	-	4	6
2	Сжигание газа. Газогорелочные устройства	Основные требования, предъявляемые к газовым горелкам, их классификация и основные характеристики. Преимущества, недостатки и область применения отдельных классов горелок. Рекомендации по выбору и применению различных типов газогорелочных устройств. Конструкции горелок	2	3	6	4	15
3	Сжигание газа. Основы расчёта газогорелочных устройств и камер сгорания газа	Расчёт истечения сжимаемого и несжимаемого газа из отверстий и сопл. Основы расчёта прямооточных дутьевых горелок. Основные виды закручивающих устройств (воздушных регистров) и методы их расчёта. Расчёт распределения газовых струй в вихревых горелках. Основы расчёта инжекционных горелок. Расчёт длины кинетического факела и горелочного туннеля. Определение длины диффузионного факела и выбор габаритов камер сгорания	3	3	-	5	11
4	Сжигание жидкого топлива. Форсунки для сжигания жидкого топлива	Требования, предъявляемые к форсункам, и их классификация. Преимущества, недостатки и область применения отдельных классов форсунок. Основные рекомендации по выбору типа форсунок	2	3	-	4	9

		для различных огнетехнических агрегатов. Конструкции форсунок					
5	Сжигание жидкого топлива. Закономерность распыливания и испарения капель жидкого топлива	Показатели тонины распыливания. Механизм распыливания жидкости форсунками. Особенности распыливания жидкости воздухом и паром. Основные факторы, влияющие на качество распыла механическими центробежными форсунками. Закономерности испарения капель жидкости в потоке. Основы расчёта времени испарения и траекторий движения капель в камерах сгорания. Интенсификация процессов сжигания жидкого топлива	3	3	-	4	10
6	Сжигание жидкого топлива. Основы расчёта форсунок и камер сгорания жидкого топлива	Теория механической центробежной форсунки Г.Н. Абрамовича для идеальной жидкости. Расчёт механических центробежных форсунок для реальной жидкости. Особенности расчёта пневматических форсунок высокого и низкого давлений. Рекомендации по выбору сечений мазутопроводов, паропроводов и воздухопроводов к форсункам. Оценка геометрических размеров факела распылённого жидкого топлива. Определение размеров камер сгорания	3	3	4	4	14
7	Сжигание твёрдого топлива. Слоевой метод сжигания топлива	Особенности организации слоевого процесса и основные технические схемы его осуществления. Приближенная теория выгорания и газификации слоя топлива. Особенности сжигания твёрдого топлива в псевдоожиженном слое	3	3	-	4	10
8	Сжигание твёрдого топлива. Сжигание угольной пыли	Горение топливных частиц в условиях пылеугольного факела. Горение полифракционного факела в кинетической и диффузионной областях. Оценка длины пылеугольного факела. Классификация пылеугольных горелок. Основные рекомендации для проектирования пылеугольных горелок. Пути интенсификации горения твёрдого топлива	3	3	8	4	18
9	Вопросы термической переработки топлив	Механизм и кинетика взаимодействия углерода с углекислотой и водяным паром. Динамика газообразования в слое твёрдого топлива на воздушном, паровом, паровоздушном и парокислородном дутье. Расчёт показателей газификация твёрдого топлива. Механизм неполного горения газообразного и жидкого топлива. Методы расчёта равновесного состава продуктов неполного горения при различных коэффициентах расхода воздуха. Механизм и кинетика конверсии углеводородного топлива углекислотой и водяным паром. Схемы производства эндотермических и экзотермических защитных атмосфер из энергетических топлив	4	4	-	6	14
10	Особые случаи и новые направления в технике сжигания топлива	Особенности сжигания топлива на дутье, обогащённом кислородом. Пульсационное сжигание топлив. Применение ультразвука, электрических и магнитных полей для интенсификации горения. Особенности сжигания газа в контактных теплообменниках, в засыпках и насадках. Сжигание (дожигание) газа на каталитической насадке. Использование	5	5	-	6	16

		продуктов сгорания газа для отопления и вентиляции зданий. Использование энергии давления газа в турбинных горелках. Газоэлектрические горелки. Сжигание жидкого топлива с его предварительной газификацией. Сжигание жидкого топлива с помощью барботажных горелок. Особенности сжигания мазута в вихревых и циклонных камерах сгорания. Сжигание мазутных эмульсий. Сжигание мазута при предельно малых избытках воздуха. Особенности сжигания мазута и угольной пыли во встречных струях. Сжигание водоугольных суспензий.					
11	Экспериментальные методы исследования процессов горения	Методы изучения смесеобразования в горелочных устройствах и камерах сгорания. Способы отбора усреднённых проб продуктов сгорания. Исследование полей скоростей, температур и концентраций в сечениях факела; определение аэродинамической и химической длины факела и его формы. Современные методы газового анализа. Проверка правильности газового анализа. Упрощённая методика теплотехнических испытаний огнетехнических установок. Приближённое моделирование процесса горения распылённого жидкого топлива и диффузионного газового факела. Приближённое моделирование кинетического факела. Особенности приближённого моделирования пылеугольного факела	4	4	-	5	13
12	Техника безопасности при сжигании топлив	Правила безопасного розжига горелок. Условия безопасного обслуживания агрегатов, работающих на газе, жидком топливе и угольной пыли. Защита горелок от срыва факела и проскоков пламени в смеситель. Автоматика безопасности для защиты топок при угасании пламени	2	2	-	4	8
Итого			36	36	18	54	144

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц.	Прак. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час.
1	Введение в дисциплину	Основные тенденции развития топливного баланса России. Современное состояние газового баланса России. Основные потребители газообразного, жидкого и твёрдого топлива. Значение рационального использования топлив и основные пути его совершенствования. Задачи курса и его связь со смежными дисциплинами	1	-	-	9	10
2	Сжигание газа. Газогорелочные устройства	Основные требования, предъявляемые к газовым горелкам, их классификация и основные характеристики. Преимущества, недостатки и область применения отдельных классов горелок. Рекомендации по выбору и применению различных типов газогорелочных устройств. Конструкции горелок	1	2	-	12	15
3	Сжигание газа. Основы расчёта газогорелочных устройств и камер сгорания газа	Расчёт истечения сжимаемого и несжимаемого газа из отверстий и сопл. Основы расчёта прямоточных дутьевых горелок. Основные виды закручивающих устройств (воздушных регистров) и методы их расчёта. Расчёт распределения	1	1	-	12	14

		газовых струй в вихревых горелках. Основы расчёта инжекционных горелок. Расчёт длины кинетического факела и горелочного туннеля. Определение длины диффузионного факела и выбор габаритов камер сгорания					
4	Сжигание жидкого топлива. Форсунки для сжигания жидкого топлива	Требования, предъявляемые к форсункам, и их классификация. Преимущества, недостатки и область применения отдельных классов форсунок. Основные рекомендации по выбору типа форсунок для различных огнетехнических агрегатов. Конструкции форсунок	1	1	-	12	14
5	Сжигание жидкого топлива. Закономерность распыливания и испарения капель жидкого топлива	Показатели тонины распыливания. Механизм распыливания жидкости форсунками. Особенности распыливания жидкости воздухом и паром. Основные факторы, влияющие на качество распыла механическими центробежными форсунками. Закономерности испарения капель жидкости в потоке. Основы расчёта времени испарения и траекторий движения капель в камерах сгорания. Интенсификация процессов сжигания жидкого топлива	1	1	-	13	15
6	Сжигание жидкого топлива. Основы расчёта форсунок и камер сгорания жидкого топлива	Теория механической центробежной форсунки Г.Н. Абрамовича для идеальной жидкости. Расчёт механических центробежных форсунок для реальной жидкости. Особенности расчёта пневматических форсунок высокого и низкого давлений. Рекомендации по выбору сечений мазутопроводов, паропроводов и воздухопроводов к форсункам. Оценка геометрических размеров факела распылённого жидкого топлива. Определение размеров камер сгорания	1	1	-	12	14
7	Сжигание твёрдого топлива. Слоевой метод сжигания топлива	Особенности организации слоевого процесса и основные технические схемы его осуществления. Приближенная теория выгорания и газификации слоя топлива. Особенности сжигания твёрдого топлива в псевдоожиженном слое	1	1	-	12	14
8	Сжигание твёрдого топлива. Сжигание угольной пыли	Горение топливных частиц в условиях пылеугольного факела. Горение полифракционного факела в кинетической и диффузионной областях. Оценка длины пылеугольного факела. Классификация пылеугольных горелок. Основные рекомендации для проектирования пылеугольных горелок. Пути интенсификации горения твёрдого топлива	1	-	4	13	18
9	Вопросы термической переработки топлив	Механизм и кинетика взаимодействия углерода с углекислотой и водяным паром. Динамика газообразования в слое твёрдого топлива на воздушном, паровом, паровоздушном и парокислородном дутье. Расчёт показателей газификация твёрдого топлива. Механизм неполного горения газообразного и жидкого топлива. Методы расчёта равновесного состава продуктов неполного горения при различных коэффициентах расхода воздуха. Механизм и кинетика конверсии углеводородного топлива углекислотой и водяным паром. Схемы производства эндотермических и экзотермических	-	-	-	14	14

		защитных атмосфер из энергетических топлив					
10	Особые случаи и новые направления в технике сжигания топлива	Особенности сжигания топлива на дутье, обогащённом кислородом. Пульсационное сжигание топлив. Применение ультразвука, электрических и магнитных полей для интенсификации горения. Особенности сжигания газа в контактных теплообменниках, в засыпках и насадках. Сжигание (дожигание) газа на каталитической насадке. Использование продуктов сгорания газа для отопления и вентиляции зданий. Использование энергии давления газа в турбинных горелках. Газоэлектрические горелки. Сжигание жидкого топлива с его предварительной газификацией. Сжигание жидкого топлива с помощью барботажных горелок. Особенности сжигания мазута в вихревых и циклонных камерах сгорания. Сжигание мазутных эмульсий. Сжигание мазута при предельно малых избытках воздуха. Особенности сжигания мазута и угольной пыли во встречных струях. Сжигание водоугольных суспензий.	-	-	-	15	15
11	Экспериментальные методы исследования процессов горения	Методы изучения смесеобразования в горелочных устройствах и камерах сгорания. Способы отбора усреднённых проб продуктов сгорания. Исследование полей скоростей, температур и концентраций в сечениях факела; определение аэродинамической и химической длины факела и его формы. Современные методы газового анализа. Проверка правильности газового анализа. Упрощённая методика теплотехнических испытаний огнетехнических установок. Приближённое моделирование процесса горения распылённого жидкого топлива и диффузионного газового факела. Приближённое моделирование кинетического факела. Особенности приближённого моделирования пылеугольного факела	-	1	-	15	16
12	Техника безопасности при сжигании топлив	Правила безопасного розжига горелок. Условия безопасного обслуживания агрегатов, работающих на газе, жидком топливе и угольной пыли. Защита горелок от срыва факела и проскоков пламени в смеситель. Автоматика безопасности для защиты топок при угасании пламени	-	-	-	12	12
Итого			8	8	4	151	171

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Определение влажности пылеугольного топлива.

Лабораторная работа № 2. Определение зольности твёрдого пылеугольного топлива.

Лабораторная работа № 3. Исследование процесса горения различных видов топлив на ЭВМ.

Лабораторная работа № 4. Изучение конструкции и принципа действия форсунки ФУЗ «Факел».

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 5 семестре для очной формы обучения, в 7 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Расчёт горения твёрдого и газообразного топлив».

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- определение теплоты сгорания различных видов топлив;
- составление материального баланса процесса горения;
- составление теплового баланса процесса горения;
- расчёт кинетики горения газообразного топлива;
- определение критических скоростей псевдоожижения при сжигании твёрдого топлива.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчётно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

- «аттестован»;
- «не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-2	знать основные виды промышленного топлива, его состав и маркировку; основные термохимические уравнения полного и неполного горения; кинетику процесса горения	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь составлять материальный баланс горения; составлять тепловой баланс горения	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта, работа в средах 2D-проектирования	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками применения основных физических и химических закономерностей при расчёте горения топлив	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	знать особенности сжигания твёрдого,	Активная работа на практических занятиях,	Выполнение работ в срок,	Невыполнение работ в срок,

	жидкого и газообразного топлива	отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	предусмотренный в рабочих программах	предусмотренный в рабочих программах
	уметь производить выбор и расчёт устройств сжигания топлива	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта, работа в средах 2D-проектирования	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками выбора и расчёта топливотребляющих устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать методики экспериментального исследования теплофизических свойств различных топлив	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь осуществлять статистическую обработку результатов экспериментального исследования	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта, работа в средах 2D-проектирования	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами теоретического (расчётного) и экспериментального определения параметров топлива и процесса горения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения, 7 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-2	знать основные виды промышленного топлива, его состав и маркировку; основные термохимические уравнения полного и неполного горения; кинетику процесса горения	Тест	Выполнение теста на 90 - 100%	Выполнение теста на 80 - 90%	Выполнение теста на 70 - 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь составлять материальный баланс горения; составлять тепловой баланс горения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объёме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками применения	Решение прикладных задач	Задачи решены в полном	Продемонстрирован верный	Продемонстрирован верный	Задачи не решены

	основных физических и химических закономерностей при расчёте горения топлив	в конкретной предметной области	объёме и получены верные ответы	ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	ход решения в большинстве задач	
ПК-2	знать особенности сжигания твёрдого, жидкого и газообразного топлива	Тест	Выполнение теста на 90 - 100%	Выполнение теста на 80 - 90%	Выполнение теста на 70 - 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь производить выбор и расчёт устройств сжигания топлива	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объёме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками выбора и расчёта топливо-потребляющих устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объёме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-4	знать методики экспериментального исследования теплофизических свойств различных топлив	Тест	Выполнение теста на 90 - 100%	Выполнение теста на 80 - 90%	Выполнение теста на 70 - 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь осуществлять статистическую обработку результатов экспериментального исследования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объёме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами теоретического (расчётного) и экспериментального определения параметров топлива и процесса горения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объёме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какую вязкость должен иметь мазут перед форсункой?

- 1) 1,5...3,5 °ВУ;
- 2) 3,5...5,5 °ВУ;
- 3) 5,5...7,5 °ВУ;
- 4) 7,5...10,0 °ВУ.
- 5) не знаю.

2. Чем отличается природный газ от попутного газа?

- 1) расположением месторождения;

- 2) составом;
 - 3) теплотой сгорания;
 - 4) всеми этими параметрами;
 - 5) не знаю.
3. Каким образом получают сжиженный газ?
- 1) путём повышения давления;
 - 2) путём понижения давления;
 - 3) путём повышения температуры;
 - 4) путём понижения температуры;
 - 5) не знаю.
4. От чего зависит теоретический расход окислителя?
- 1) от теплоты сгорания топлива;
 - 2) от состава топлива;
 - 3) от вида окислителя;
 - 4) от вида топки;
 - 5) не знаю.
5. Чему соответствует оптимальный коэффициент избытка воздуха?
- 1) максимальной полноте сгорания;
 - 2) минимальным потерям теплоты с уходящими газами;
 - 3) минимальными суммарными потерями теплоты;
 - 4) максимальной температуре горения;
 - 5) не знаю.
6. Что определяют по «кислородной» формуле?
- 1) содержание кислорода в воздухе;
 - 2) содержание кислорода в продуктах сгорания;
 - 3) оптимальный коэффициент избытка воздуха;
 - 4) действительный коэффициент избытка воздуха;
 - 5) не знаю.
7. От чего зависит теоретический выход продуктов сгорания?
- 1) от состава топлива;
 - 2) от вида окислителя;
 - 3) от расхода окислителя;
 - 4) от вида топки;
 - 5) не знаю.
8. От чего зависит действительный объем продуктов сгорания?
- 1) от состава топлива;
 - 2) от расхода окислителя;
 - 3) от величины присосов;
 - 4) от всех этих факторов;
 - 5) не знаю.
9. От чего зависит температура горения топлива?
- 1) от теплоты, вносимой в зону горения;
 - 2) от расхода окислителя;
 - 3) от степени диссоциации продуктов сгорания;
 - 4) от всех этих факторов;

- 5) не знаю.
10. От чего зависит количество теплоты, вносимое в зону горения?
- 1) от теплоты сгорания топлива;
 - 2) от температуры топлива;
 - 3) от температуры окислителя;
 - 4) от всех этих факторов;
 - 5) не знаю.
11. Как увеличение расхода окислителя влияет на температуру горения?
- 1) повышает;
 - 2) понижает;
 - 3) не влияет;
 - 4) это зависит от вида окислителя;
 - 5) не знаю.
12. Как повышение температура окислителя влияет на температуру горения?
- 1) повышает;
 - 2) понижает;
 - 3) не влияет;
 - 4) это зависит от вида окислителя;
 - 5) не знаю.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Стандартные задачи учебным планом не предусмотрены.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Задача № 1. Для смеси газов, состоящей из 60 % природного газа состава $\text{CH}_4 = 98 \%$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,4 \%$; $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,2 \%$; $\text{N}_2 = 1,3 \%$; $\text{CO}_2 = 0,1 \%$ и 40 % природного газа состава $\text{CH}_4 = 25,5 \%$; $\text{H}_2\text{S} = 2,3 \%$; $\text{CO} = 6,5 \%$; $\text{H}_2 = 59,5 \%$; $\text{N}_2 = 3,3 \%$; $\text{CO}_2 = 2,4 \%$; $\text{O}_2 = 0,5 \%$ определить теоретический и действительный объёмы воздуха и продуктов сгорания, если коэффициент избытка воздуха равен 1,10.

Задача № 2. Из результатов химического анализа состава продуктов сгорания на выходе из топки получены следующие данные: $\text{O}_2 = 5 \%$; $\text{CO} = 1 \%$; $\text{H}_2 = 2 \%$; $\text{CH}_4 = 1,75 \%$. Определить коэффициент избытка воздуха.

Задача № 3. После проведения химического анализа состава продуктов сгорания за топкой и на выходе из котла получены следующие данные: $\text{O}_2^{\text{т}} = 4 \%$; $\text{CO}^{\text{т}} = 1,5 \%$; $\text{H}_2^{\text{т}} = 1 \%$; $\text{O}_2^{\text{yx}} = 6 \%$; $\text{CO}^{\text{yx}} = 1 \%$; $\text{H}_2^{\text{yx}} = 0,5 \%$. Определить присосы воздуха в котле.

Задача № 4. Произвести расчёт материального баланса процесса неполного горения кокса следующего состава: $\text{C}^{\text{p}} = 95,5 \%$; $\text{H}^{\text{p}} = 0,4 \%$; $\text{O}^{\text{p}} = 0,9 \%$; $\text{S}^{\text{p}} = 1 \%$; $\text{N}^{\text{p}} = 1,2 \%$; $\text{W}^{\text{p}} = 1 \%$, если $y_{\text{н}} = 0,28$.

Задача № 5. Применительно к условию задачи 1 построить $h-t$ -диаграмму и определить калориметрическую температуру горения топлива, если компоненты горения не подогреваются.

Задача № 6. Определить состав рабочей массы топлива, если в

справочнике задан следующий состав: $C^p = 38,6 \%$; $H^p = 2,6 \%$; $O^p = 3,1 \%$; $S^p = 3,8 \%$; $N^p = 0,8 \%$; $A^p = 40,1 \%$; $W^p = 11,0 \%$, а технический анализ показал, что в действительности влажность составляет $W^p = 16 \%$.

Задача № 7. Определить химический состав влажного природного газа, если известен его сухой состав: $CH_4 = 89 \%$; $C_2H_6 = 3,1 \%$; $C_3H_8 = 1,3 \%$; $N_2 = 5,7 \%$, а влагосодержание равно $d_r = 63,1 \text{ г/м}^3$.

Задача № 8. Вычислить высшую и низшую теплоты сгорания мазута, имеющего следующий состав: $C_r = 86,5 \%$; $H_r = 10,6 \%$; $O_r = 0,2 \%$; $S_r = 2,1 \%$; $N_r = 0,6 \%$; $W_p = 10 \%$; $A_p = 0,3 \%$.

Задача № 9. Вычислить теплоту сгорания сухого природного газа, имеющего следующий состав: $CH_4 = 89,9 \%$; $C_2H_6 = 3,1 \%$; $C_3H_8 = 0,9 \%$; $C_4H_{10} = 0,4 \%$; $N_2 = 5,2 \%$; $CO_2 = 0,3 \%$; $O_2 = 0,2 \%$.

Задача № 10. Определить низшую теплоту сгорания угля Донбасского месторождения марки ДР, если технический анализ показал, что влажность его рабочей массы составляет 18% , а зольность – 13% .

Задача № 11. Определить теплоту сгорания природного газа газопровода Брянск – Москва, если технический анализ показал, что его влагосодержание составляет $d_r = 60 \text{ г/м}^3$.

Задача № 12. Определить теплоту сгорания смеси газов, состоящий из 60% природного газа состава: $CH_4 = 98 \%$; $C_2H_6 = 0,4 \%$; $C_3H_8 = 0,2 \%$; $N_2 = 1,3 \%$; $CO_2 = 0,1 \%$ и 40% природного газа состава: $CH_4 = 25,5 \%$; $H_2S = 2,3 \%$; $CO = 6,5 \%$; $H_2 = 59,5 \%$; $N_2 = 3,3 \%$; $CO_2 = 2,4 \%$; $O_2 = 0,5 \%$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачёту

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Определение понятия «топливо». Общая классификация топлива. Основные потребители газообразного, жидкого и твёрдого топлива.
2. Топливный баланс страны и перспективы его развития. Резервы экономии органического топлива.
3. Основные требования, предъявляемые к газовым горелкам, их классификация и основные характеристики.
4. Преимущества, недостатки, область применения, выбор отдельных классов горелок.
5. Конструкции газогорелочных устройств.
6. Особенности расчёта истечения сжимаемого и несжимаемого газа из отверстий и сопел.
7. Основы расчёта прямооточных дутьевых горелок.
8. Основы расчёта инжекционных горелок.
9. Расчёт длины кинетического и диффузионного факелов. Выбор габаритов камер сгорания.
10. Основные требования, предъявляемые к форсункам, и их классификация и основные характеристики.
11. Преимущества, недостатки и область применения отдельных

классов форсунок.

12. Конструкции форсунок.
13. Механизм распыливания жидкости форсунками.
14. Закономерности испарения капель жидкого топлива в камерах сгорания. Интенсификация процессов сжигания жидкого топлива.
15. Расчёт механических центробежных форсунок для идеальных и реальных жидких топлив.
16. Рекомендации по выбору сечений мазутопроводов, паропроводов и воздухопроводов к форсункам.
17. Оценка геометрических размеров факела распылённого жидкого топлива. Определение размеров камер сгорания.
18. Процесс слоевого сжигания твёрдого топлива и основные технические схемы его осуществления.
19. Особенности сжигания твёрдого топлива в псевдоожиженном слое.
20. Особенности пылеугольного сжигания твёрдого топлива. Оценка длины пылеугольного факела.
21. Классификация пылеугольных горелок. Рекомендации для проектирования пылеугольных горелок.
22. Диссоциация продуктов сгорания.
23. Газообразование в слое твёрдого топлива на воздушном, паровом, паровоздушном и парокислородном дутье. Расчёт показателей его газификация.
24. Механизм неполного горения газообразного и жидкого топлива.
25. Механизм и кинетика конверсии углеводородного топлива углекислотой и водяным паром.
26. Схемы производства эндотермических и экзотермических защитных атмосфер из энергетических топлив.
27. Особенности пульсационного и дутьевого (на кислороде) сжигания топлив.
28. Применение ультразвука, электрических и магнитных полей для интенсификации горения.
29. Особенности сжигания газа в контактных теплообменниках, в засыпках и насадках.
30. Использование энергии давления газа в турбинных горелках.
31. Принцип действия, преимущества, недостатки и область применения газозлектрических горелок.
32. Сжигание жидкого топлива с его предварительной газификацией и с помощью барботажных горелок.
33. Сжигание мазута в вихревых и циклонных камерах сгорания.
34. Сжигание мазутных эмульсий. Сжигание мазута при предельно малых избытках воздуха.
35. Особенности сжигания мазута и угольной пыли во встречных струях. Сжигание водоугольных суспензий.
36. Смесеобразование в горелочных устройствах и камерах сгорания.
37. Исследование полей скоростей, температур и концентраций в

сечениях факела. Определение аэродинамической и химической длины факела и его формы.

38. Методика теплотехнических испытаний разных огнетехнических установок.

39. Приближенное математическое моделирование процесса горения распылённого жидкого топлива и диффузионного газового факела.

40. Приближенное математическое моделирование кинетического факела и пылеугольного факелов.

41. Условия безопасного обслуживания агрегатов, работающих на газе, жидком топливе и угольной пыли.

42. Правила безопасного розжига горелок. Защита горелок от срыва факела и проскоков пламени в смеситель.

43. Автоматика безопасности для защиты топок при угасании пламени.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса. Каждый правильный полный ответ на один вопрос в билете оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 3.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент не ответил на все вопросы в билете.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент дал полный правильный ответ на 1 вопрос.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент дал полный правильный ответ на 2 вопроса.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент правильно ответил на все вопросы в билете.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в дисциплину	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач
2	Сжигание газа. Газогорелочные устройства	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач, курсовой проект, защита лабораторных работ
3	Сжигание газа. Основы расчёта газогорелочных устройств и камер сгорания газа	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач, курсовой проект
4	Сжигание жидкого топлива. Форсунки для сжигания жидкого топлива	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач
5	Сжигание жидкого топлива. Закономерность распыливания и испарения капель жидкого топлива	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач

6	Сжигание жидкого топлива. Основы расчёта форсунок и камер сгорания жидкого топлива	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач, защита лабораторных работ
7	Сжигание твёрдого топлива. Слоевой метод сжигания топлива	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач, курсовой проект, защита лабораторных работ
8	Сжигание твёрдого топлива. Сжигание угольной пыли	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач, курсовой проект
9	Вопросы термической переработки топлив	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач
10	Особые случаи и новые направления в технике сжигания топлива	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач
11	Экспериментальные методы исследования процессов горения	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач
12	Техника безопасности при сжигании топлив	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, решение задач

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Бараков, А.В. Основы практической теории горения: учебное пособие / А.В. Бараков, В.Ю. Дубанин, Д.А. Прутских. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2009. – 121 с.

2. Вильямс Ф.А. Теория горения / Ф.А. Вильямс. - Пер. на англ. С.С. Новикова и Ю.С. Рязанцева. - Москва : Наука, 1971. - 616 с.

3. Бараков А.В. Процессы и установки высокотемпературной теплотехнологии : Учеб. пособие / А.В. Бараков. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 120 с.

4. Сазонов В.Г. Основы теории горения и взрыва : учебное пособие / В.Г. Сазонов. - Москва : Альтаир|МГАВТ, 2012. - 169 с.
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430048>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное программное обеспечение:

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic (многопользовательская лицензия)
- ABBYY FineReader 9.0
- LibreOffice

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

Информационные справочные системы:

<http://window.edu.ru>

<https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных:

Сайт теплотехника

Адрес ресурса: <http://teplokot.ru/>

Министерство энергетики

Адрес ресурса: <https://minenergo.gov.ru/>

Чертижи.ru

Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащённая оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой (ауд. 306/3).

2. Дисплейный класс, оснащённый компьютерными программами для проведения лабораторного практикума (ауд. 304/3).

3. Учебная лаборатория «Топливо и теория горения» (ауд. 301/3), содержащая электропечь ЭКСП-10В, шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ, форсунки ФУЗ «Факел».

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Сжигание и термическая переработка топлива» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчёта процесса горения различных видов топлива, а также особенностей расчёта топливопотребляющих установок и горелочных устройств. Занятия проводятся путём решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведёнными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удаётся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчётно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

	- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчётов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за неделю до промежуточной аттестации, проводимой один раз за семестр. При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1.	Актуализирован раздел 8.1. в части перечня учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины и раздел 8.2. в части состава используемого лицензионного программного обеспечения современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2018	
2.	Актуализирован раздел 8.1. в части перечня учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины и раздел 8.2. в части состава используемого лицензионного программного обеспечения современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
3.	Актуализирован раздел 8.1. в части перечня учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины и раздел 8.2. в части состава используемого лицензионного программного обеспечения современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	