

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИЦ

Матвеев А.С.
«26» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ**

Физика горения натурального топлива			
Направление подготовки/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Агрегаты электростанций и газоперекачивающих систем		
Специализация	Агрегаты газоперекачивающих станций		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	3	семестр	6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	5		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	24	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	32	
	ВСЕГО	72	
Самостоятельная работа, ч		108	
ИТОГО, ч		180	

Вид промежуточной аттестации	экзамен	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н. Бутакова
Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры			Заворин А.С.
Руководитель ООП			Тайлашева Т.С.
Преподаватель			Субботин А.Н.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-3	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	И.ОПК(У)-3.4	Определяет и анализирует процессы горения и свойства натуральных топлив, а также углеводородных смесей и газовых конденсатов	ОПК(У)-3.4В1	Владеет опытом исследования и анализ свойств натурального топлива и процессов горения
				ОПК(У)-3.4У1	Умеет оценивать технологические параметры работы оборудования для сжигания натуральных топлив
				ОПК(У)-3.4З1	Знает свойств натуральных топлив и продуктов их сгорания, а также углеводородных смесей и газовых конденсатов
		И.ОПК(У)-3.5	Делает выводы об эффективности технологий получения, преобразования, транспорта и использования энергии в теплоэнергетических установках, нетрадиционных источниках энергии	ОПК(У)-3.5В1	Владеет опытом расчетного анализа параметров и показателей энергетических установок и их оборудования
				ОПК(У)-3.5У1	Умеет рассчитывать параметры и показатели энергетических установок и их оборудования
				ОПК(У)-3.5З1	Знает основные технологии преобразования, транспортировки и использования энергии топлива; принцип действия и устройство нетрадиционных и возобновляемых источников энергии
ПК(У)-1	Способен руководить производственным коллективом, осуществляющим эксплуатацию котлов, работающих на твердом топливе	И.ПК(У)-1.1	Планирование деятельности по эксплуатации котлов, работающих на твердом топливе	ПК(У)-1.1З1	Знает свойства топлива и влияние качества топлива на процесс горения и теплопроизводительность котлоагрегатов

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Понимать сущность и условия протекания физико-химических процессов в энергетическом оборудовании	И.ОПК(У)-3.4 И.ОПК(У)-3.5 И.ПК(У)-1.1

РД 2	Использовать методы математического анализа физико-химических процессов, протекающих в топках котлов, камерах сгорания, в том числе с применением пакетов прикладных программ	И.ОПК(У)-3.4 И.ОПК(У)-3.5 И.ПК(У)-1.1
РД 3	Определять константы равновесия реакций, находить основные характеристики воспламенения и горения натурального топлива	И.ОПК(У)-3.4 И.ОПК(У)-3.5 И.ПК(У)-1.1
РД 4	Использовать основные законы естественнонаучных и математических дисциплин в инженерной деятельности	И.ОПК(У)-3.4 И.ОПК(У)-3.5 И.ПК(У)-1.1
РД 5	Проводить расчеты констант равновесия, кинетических констант, коэффициентов диффузии	И.ОПК(У)-3.4 И.ОПК(У)-3.5 И.ПК(У)-1.1
РД 6	Проводить расчеты по определению характеристик воспламенения и горения натурального топлива, турбулентной струи и зоны смешения.	И.ОПК(У)-3.4 И.ОПК(У)-3.5 И.ПК(У)-1.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Химическое равновесие реакций горения	РД 1, РД2	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20
Раздел 2. Кинетика реакций горения	РД3, РД4, РД5, РД6	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20
Раздел 3. Диффузия и массообмен при горении	РД3, РД4, РД5, РД6, РД 1	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20
Раздел 4. Теория теплового самовоспламенения	РД1, РД4	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	20
Раздел 5. Аэродинамические основы процесса горения	РД5, РД6, РД 1	Лекции	4
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	28

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Химическое равновесие реакций горения

Темы лекций:

1. Роль процессов горения в технологии энергетического производства. Особенности протекания химических реакций горения. Химическая обратимость и равновесие реакций горения. Закон действующих масс. Константы скорости реакции.
2. Константы равновесия. Зависимость химических равновесий от температуры. Принцип Ле-Шателье. Подвижность равновесия реакций горения.
3. Диссоциация продуктов горения топлива. Влияние диссоциации на температуру горения. Понятия адиабатной и теоретической температуры горения. Химическое

равновесие реакций горения.

4. Диссоциация продуктов горения натурального топлива. Нахождение констант равновесия, степени диссоциации, адиабатной и теоретической температуры горения.

Темы практических занятий:

1. Способы расчета константы скорости реакции и константы равновесия.
2. Способы нахождения степени диссоциации компонентов для одной или несколько параллельно протекающих реакций.

Названия лабораторных работ:

- 1, 2. Определение констант равновесия основных реакций протекающих при горении натурального топлива.
- 3, 4. Нахождение степени диссоциации газообразных компонентов, образующихся при горении.
- 5, 6. Определение степени диссоциации газообразных компонентов, образующихся при параллельном протекании нескольких зависимых реакций.

Раздел 2. Кинетика реакций горения

Темы лекций:

1. Общие положения химической кинетики. Полное число столкновений молекул в газе. Активное число столкновений молекул. Стерический коэффициент. Скорость гомогенной и гетерогенной реакции горения. Классификация реакций и порядок реакции.
2. Зависимость скорости реакций от температуры. Закон Аррениуса. Влияние давления на скорость реакции горения при постоянной температуре. Влияние концентрации компонентов в смеси на скорость реакции горения при постоянном давлении и температуре.
3. Цепные реакции. Основы теории цепных реакций Семёнова-Хиншельвуда. Особенности протекания химических реакций в практических условиях горения. Механизм цепной реакции горения водорода.

Темы практических занятий:

1. Два способа нахождения констант химических реакций (использование экспериментальных данных, применение кинетической теории газов).

Названия лабораторных работ:

1. Определение кинетических констант основных химических реакций, протекающих при горении натурального топлива, при условии, когда известна константа равновесия и стерический фактор.
2. Вычисление кинетических констант реакций протекающих, при горении натурального топлива, в рамках кинетической теории газов.

Раздел 3. Диффузия и массообмен при горении
--

Темы лекций:

1. Общие положения молекулярной диффузии. Некоторые положения кинетической теории газов. Неизотермическая диффузия.
2. Стефановский поток. Уравнение диффузии. Диффузия в турбулентном потоке. Турбулентные молекулы.

Темы практических занятий:

1. Способы расчета бинарных и эффективных коэффициентов диффузии и коэффициента вязкости в многокомпонентных горючих смесях.
2. Способы расчета коэффициентов теплопроводности отдельных компонентов многокомпонентной смеси и коэффициента теплопроводности многокомпонентной смеси на основе кинетической теории газов.

Названия лабораторных работ:

1. Проведение расчетов по определению коэффициентов диффузии при разных температурах и давлениях в многокомпонентных газах, образующихся при горении натурального топлива.

2. Проведение расчетов по определению коэффициентов диффузии при разных температурах и давлениях в многокомпонентных газах, образующихся при горении натурального топлива.

Раздел 4. Теория теплового самовоспламенения

Темы лекций:

1. Способы воспламенения горючих смесей. Стационарная теория теплового самовоспламенения. Период индукции. Температура воспламенения. Нестационарная теория теплового самовоспламенения.
2. Математическая модель процесса. Уравнение теплового баланса реагирующей смеси. Уравнение материального баланса по расходу угольной пыли. Самовоспламенение. Описание процесса самовоспламенения в одномерном потоке (в струе).

Темы практических занятий:

1. Проведение расчетов по определению характеристик самовоспламенения и горения натурального топлива в замкнутом объеме на компьютерах с использованием математического пакета Mathcad.
2. Проведение расчетов по определению характеристик самовоспламенения и горения натурального топлива проточной камере на компьютерах с использованием математического пакета Mathcad.

Названия лабораторных работ:

1. Проведение расчетов по определению коэффициентов диффузии при разных температурах и давлениях в многокомпонентных газах, образующихся при горении натурального топлива.
2. Проведение расчетов по определению коэффициентов диффузии при разных температурах и давлениях в многокомпонентных газах, образующихся при горении натурального топлива.

Раздел 5. Аэродинамические основы процесса горения

Темы лекций:

1. Прямоточные и турбулентные струи. Основные закономерности развития струй в топочном объеме. Геометрические параметры струй. Изменение параметров по длине и по сечению струи. Развитие струй в поперечном потоке. Кольцевые одиночные и соосные струи.
2. Закрученные турбулентные струи. Расчет характеристик турбулентной струи – зоны смещения свободной струи, изменение скорости вдоль оси струи и расхода газов по длине струи.

Названия лабораторных работ:

3. Проведение расчетов по определению коэффициентов диффузии при разных температурах и давлениях в многокомпонентных газах, образующихся при горении натурального топлива.
4. Проведение расчетов по определению коэффициентов диффузии при разных температурах и давлениях в многокомпонентных газах, образующихся при горении натурального топлива.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Девисилов В.А. Теория горения и взрыва: практикум : учебное пособие / В.А. Девисилов, Т.И. Дроздова, С.С. Тимофеева. – Москва: Форум, 2012. – 352 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/338541>)
2. Теория горения и взрыва: учебник и практикум / под ред. А.В. Тотая ; О.Г. Казакова. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Москва: Юрайт, 2013. – 296 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/255052>)
3. Волков К.Н. Газовые течения с массоподводом в каналах и трактах энергоустановок / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. – Москва: Физматлит, 2011. – 464 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/224024>)
4. Субботин А.Н. Основы теории горения натурального топлива [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Субботин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 1.6 МВ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m069.pdf>

Дополнительная литература:

1. Афанасьев В.В. Диагностика и управление устойчивостью горения в камерах сгорания энергетических установок / В.В. Афанасьев, Н.И. Кидин – Москва: Физматлит, 2008. – 176 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/160368>)
2. Парахин Н.Ф. Топливо и теория горения: учебное пособие / Н.Ф. Парахин, В.И. Шелудченко, В.В. Кравцов; Донецкий национальный технический университет. – Севастополь: Вебер, 2003. – 170 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/106652>)
3. Хзмалян, Д.М. Теория горения и топочные устройства : учебное пособие / Д.М. Хзмалян, Я.А. Каган. – Москва: Энергия, 1976. – 488 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/34496>)
4. Сборник задач по теории горения. / Под ред. В.В. Померанцева – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 151 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/34483>)
5. Основы практической теории горения / Под ред. В.В. Померанцева – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 312 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/34502>)
6. Хзмалян Д.М. Теория топочных процессов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/33493>)

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный каталог Томского регионального библиотечного консорциума (<http://arbicon.tomsk.ru>);
2. Архив научных журналов «Neicon» (<http://archive.neicon.ru>);
3. Единая государственная информационная система учета НИОКТР (<http://rosrid.ru>);

4. Национальная электронная библиотека (<https://нэб.пф>);
5. База реферативных журналов Всероссийского института научной и технической информации (<http://www2.viniti.ru>);
6. Российский информационно-библиотечный консорциум (<http://www.ribk.net>);
7. Университетская информационная система «УИС Россия» (<http://uisrussia.msu.ru>);
8. Поисковая система Федерального центра информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru>).

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic;
2. PTC Mathcad 15 Academic Floating.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина 30, а, учебный корпус №4, аудитория 406	Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Стол письменный - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест. Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт; Макет ГПА–32 Ладога – 1 шт.; Макет компрессора – 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина 30, а, учебный корпус №4, аудитория 224	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для одежды - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Тумба навесная - 1 шт.; Стол письменный - 9 шт.; Комплект учебной мебели на 14 посадочных мест; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Компьютер - 12 шт.; Принтер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника / Агрегаты электростанций и газоперекачивающих систем / Агрегаты газоперекачивающих станций (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент, к.т.н.		Тайлашева Т.С.

Программа одобрена на заседании Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова (протокол от 26.06.2020 г. №44).

Заведующий кафедрой –
руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры,
д.т.н., профессор

 Заворин А.С./
подпись