

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

А.В. Белоусов
« 11 » декабря 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И
УСТАНОВКИ**

направление подготовки:

13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность программы (профиль):

Энергетика теплотехнологий

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт: Энергетический

Кафедра: Энергетики теплотехнологии

Белгород – 2015


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01 октября 2015 г., № 1081.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель: доцент  (В.В. Губарева)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры **энергетики теплотехнологии**

« 16 » ноября 201 5 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, профессор  (В.П. Кожевников)

Рабочая программа одобрена методической комиссией энергетического института

« 19 » ноября 201 5 г., протокол № 3

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (А.Н. Семернин)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Профессиональные			
1	ПК-10	Готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: теплотехнические и энергетические основы высокотемпературной технологии; процессы генерации теплоты в ВТУ; особенности тепломассообмена при теплотехнологической обработке материалов; способы регенерации теплоты в ВТУ; использование вторичных энергетических ресурсов; влияние параметров протекающих процессов на основные показатели работы установок</p> <p>Уметь: выполнять отбор тепловых эспергосберегающих схем ВТУ, осуществлять инженерную реализацию эффективных теплотехнических принципов организации технологических процессов.</p> <p>Владеть: методиками теплотехнических расчетов, экспериментального и численного исследования высокотемпературных теплотехнологических процессов.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Высшая математика
2	Гидрогазодинамика
3	Техническая термодинамика
4	Тепломассообмен
5	Источники энергии теплоэнергетики
6	Теплофизические основы и организация технологических процессов
7	Основы конструирования теплотехнического оборудования
8	Тепломеханическое оборудование промышленных предприятий
9	Компьютерные технологии в теплоэнергетике
10	Термовлажностные и низкотемпературные теплотехнологические процессы и установки

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Проектирование и эксплуатация высокотемпературных установок
2	Математическое моделирование в теплоэнергетике
3	Утилизация вторичных энергоресурсов
4	Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии
5	Методика и техника эксперимента в теплотехнологии
6	Источники и системы энергообеспечения предприятий

1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зач. единиц, 252 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	252	252
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	102	102
лекции	51	51
лабораторные	17	17
практические	34	34
Самостоятельная работа студентов, в т. ч.:	150	150
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задание	–	–
Индивидуальное домашнее задание	–	–
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	78	78
Форма промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	36 (экзамен)	36 (экзамен)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр 6

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
1.	Введение в энергетику теплотехнологии				
	<p>Вводные понятия и термины. Теплотехническая классификация высокотемпературных теплотехнологических процессов. Технологические, энергетические и экологические проблемы теплотехнологии. Теплотехнические принципы организации технологических процессов. Примеры осуществления высокотемпературных теплотехнологических процессов в черной и цветной металлургии, в химических производствах и в промышленности строительных материалов.</p> <p>Тепловые схемы и конструкции установок.</p>	10	1	1	16

1	2	3	4	5	6
2.	Материальные, тепловые и энергетические балансы ВТУ				
.	Структура уравнений материального баланса. Материальные расчеты идеальных, неравновесных и равновесных теплотехнологических процессов. Тепловой и энергетический баланс высокотемпературной теплотехнологической установки в целом. Видимый, суммарный и приведенный удельные расходы топлива. Алгоритмы расчета видимого удельного расхода топлива.	11	14	6	18
3.	Внутренний и внешний теплообмен в теплотехнологическом реакторе				
	Внутренний теплообмен. Продолжительность тепловой обработки технологического материала, нагрева и плавления термически тонких и массивных тел. Внешний теплообмен. Основные закономерности и пути интенсификации конвективного и радиационного теплообмена в теплотехнологических реакторах. Зональный метод расчета.	10	8	4	14
4.	Генерация теплоты в высокотемпературных теплотехнологических реакторах				
	Основные требования, предъявляемые к организации процесса генерации теплоты в теплотехнологических реакторах. Выбор источника энергии. Способы преобразования электрической энергии и области их применения в высокотемпературных теплотехнологических установках. Способы обеспечения требуемых состава и температуры продуктов горения, повышения светимости факела. Способы сжигания топлива в плотном фильтруемом и в кипящем слое. Аналитическая теория диффузионного прямого факела. Транспортирующая способность осесимметричной турбулентной струи. Структура и длина диффузионного факела. Изменение расхода несгоревшего топлива по длине факела. Температура и радиационная теплоотдача факела. Классификация газогорелочных устройств и форсунок, их основные характеристики, область применения. Связь генерации теплоты с режимами теплообмена. Использование электрической энергии. Способы превращения электрической энергии в тепловую.	10	4	4	14
5.	Энергетическая эффективность высокотемпературной теплотехнологии				
	Снижение энергозатрат на высокотемпературный теплотехнологический процесс путем регенерации энергетических отходов; схемы регенеративного теплоиспользования; энергетический эффект регенерации; предпосылки реализации глубокой регенерации; регенеративные устройства. Снижение энергозатрат на высокотемпературный теплотехнологический процесс путем внешнего использования тепловых и горючих отходов. Системы испарительного охлаждения печей, энерготехнологические котлы и котлы-утилизаторы. Основные направления технического прогресса энергетики высокотемпературной теплотехнологии.	10	7	2	16
	ВСЕГО	51	34	17	78

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 6				
1.	Введение в энергетику теплотехнологии	Размерности физических величин, применяемых в дисциплине, их соотношения	1	1
2.	Генерация теплоты в высокотемпературных теплотехнологических реакторах	Расчет объемов, состава и температуры продуктов сгорания топлива	2	2
		Расчет прихода и расхода тепла с воздухом и дымовыми газами	2	2
3.	Материальные, тепловые и энергетические балансы ВТУ	Материальный баланс ВТУ	4	4
		Тепловой баланс высокотемпературной теплотехнологической установки	10	10
4.	Внутренний и внешний теплообмен в теплотехнологическом реакторе	Внутренний теплообмен в реакторе ВТУ	4	4
		Внешний теплообмен в реакторе ВТУ	4	4
5.	Энергетическая эффективность высокотемпературной теплотехнологии	Расчет тепловых потерь реакторов ВТУ в окружающую среду	2	2
		Регенерация тепловых и горючих отходов ВТУ	2	2
		Тепловой расчет регенераторов ВТУ	3	3
		ИТОГО	34	34
		ВСЕГО	68	

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1.	Введение в энергетику теплотехнологии	Вводное занятие	1	
2.	Материальные, тепловые и энергетические балансы ВТУ	Материальный баланс производства цементного клинкера	2	2
		Тепловой баланс цементной вращающейся печи	2	3
		Тепловой баланс колосникового холодильника	2	2
3.	Внутренний и внешний теплообмен в теплотехнологическом реакторе	Радиационный нагрев пластины	2	2
		Отжиг листового стекла	2	2
4.	Генерация теплоты в высокотемпературных теплотехнологических реакторах	Параметры диффузионного факела	2	2
		Факел во вращающейся печи	2	2
5.	Энергетическая эффективность высокотемпературной теплотехнологии	Регенерация теплоты клинкера	2	2
		ИТОГО	17	17
		ВСЕГО	34	

3. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение в энергетику теплотехнологии	<ul style="list-style-type: none"> - Термины и понятия теплотехнологии. - Классификация высокотемпературных теплотехнологических процессов по содержанию основных физических превращений. - Температурный и тепловой графики технологического процесса и теплотехнологического реактора. - Виды и температурные графики процессов обжига. - Принципы рационального выбора источника энергии для ВТУ. - Особенности пускового и наладочного режимов нагрева. - Особенности энергоэкономичного, форсированного и оптимального режимов нагрева. - Структурная схема высокотемпературной теплотехнологической установки. - Устройства подготовки компонентов горения как элементы структурной схемы высокотемпературной теплотехнологической установки. - Теплотехнологический реактор как элемент структурной схемы высокотемпературной теплотехнологической установки.
2	Материальные, тепловые и энергетические балансы ВТУ	<ul style="list-style-type: none"> - С какой целью составляют материальные и тепловые балансы ВТУ? - Какие основные статьи прихода и расхода тепла учитываются в тепловом балансе? - Как выбрать рациональный теплотехнический принцип организации технологического процесса? - Каков физический смысл коэффициента отъема тепла топлива в ВТУ?
3	Внутренний и внешний теплообмен в теплотехнологическом реакторе	<ul style="list-style-type: none"> - Чем определяется внешний теплообмен в реакторе ВТУ и из каких видов теплообмена складывается? Уравнения описывающие эти процессы. - Понятия эффективного и результирующего излучения. - Пути интенсификации лучистого теплообмена - Прямой направленный и косвенный направленный теплообмен - Конвективный теплообмен в условиях газового теплоносителя. Уравнения, применяемые для его расчета - Смешанный теплообмен. Уравнения, применяемые для его расчета - Понятия топливного и энергетического КПД теплотехнологической установки без внешнего теплоиспользования - Как и почему интенсивность конвективной теплоотдачи зависит от размера твердых частиц? - Как и почему интенсивность конвективной теплоотдачи зависит от скорости среды?

		<ul style="list-style-type: none"> - Что является показателем степени термической массивности нагреваемых тел? - Как выглядят черный, серый и антисерый спектры излучения? - Как формулируется закон излучения Стефана-Больцмана? - Какими особенностями характеризуется излучение трехатомных газов? - Что понимается под интенсивностью излучения? <p>Как применить закон Бугера к оценке поглотительной способности слоя газов?</p>
4	Генерация теплоты в высокотемпературных теплотехнологических реакторах	<ul style="list-style-type: none"> - Какой факел и почему называют диффузионным? - Какую структуру имеет диффузионный факел? - Как длина прямого диффузионного факела зависит от скорости истечения газообразного топлива при постоянном и переменном расходе топлива? - Как длина диффузионного факела зависит от скорости истечения топлива при сильной закрутке потока воздуха? - Почему теоретическая температура горения отличается от действительной? - В каких топливных ВТУ используется также и электрический источник энергии? - Какие форсунки используют для сжигания жидкого топлива в ВТУ? - Какие газовые горелки используют в ВТУ. Особенности конструкции и принципа работы инжекционных горелок
5	Энергетическая эффективность высокотемпературной теплотехнологии	<ul style="list-style-type: none"> - Каковы назначение и преимущества испарительного охлаждения в теплотехнологических установках? - В чем состоит назначение и преимущества энерготехнологических комбинированных установок? - Почему усиление тепловой изоляции обычно более выгодно в горячей части ВТУ? - В чем состоит отличие между регенеративной и энергопотребляющей частями ВТУ? - В чем различие коэффициента и степени регенерации теплоты?

5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

Унифицированная тема «Расчет высокотемпературной теплотехнологической установки»:	
1.	Спроектировать стекловаренную печь на заданные условия
2.	Спроектировать вращающуюся печь для получения извести на заданные условия
3.	Спроектировать шахтную печь для получения извести на заданные условия
4.	Спроектировать вращающуюся печь для получения портландцементного клинкера на заданные условия

Цель выполнения курсовой работы: расширение и закрепление теоретических и практических знаний, полученных студентами при изучении дисциплины, изучение методик и приобретение навыков расчета высокотемпературных теплотехнологических установок с учетом оптимальных режимов протекания процессов в них, т.е. овладение навыками самостоятельного решения конкретных инженерных задач. Работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

В расчетно-пояснительной записке приводится литературный обзор с обоснованием применяемого способа обработки, рабочего режима и принципиальной схемы установки, а также сравнительной характеристики установок подобного типа. Далее дается описание установки в целом и основных ее устройств и аппаратов. Затем приводят материальный, тепловой, аэродинамический и конструктивный расчеты, а также подбор вспомогательного оборудования. Все данные, отсутствующие в задании, но необходимые для расчета, выбирают из соответствующих справочных таблиц, получают по номограммам или рассчитывают по формулам.

Графическая часть проекта состоит из одного листа формата А3, на котором должна быть представлена теплотехнологическая компоновочная схема установки.

Структура и требования к оформлению работы.

Расчетно-пояснительную записку курсовой работы оформляют на листах форматом А 4. Запись ведут на одной стороне листа шрифтом Times New Roman, размер 14 pt с полуторным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.

Первая страница работы является титульным листом, на котором представлены сведения о студенте, выполняющем работу: фамилия, инициалы, группа; на втором листе оформляется задание, на третьем – оглавление.

Получив тему курсовой работы, студент должен изучить имеющиеся достижения в этой области, выбрать наиболее рациональную теплотехнологическую схему установки.

При оформлении расчетной части необходимо выписать расчетное уравнение, все обозначения величин, входящих в уравнение; подставить числовые данные и дать расчет; подставить размерность величин окончательного результата. Все вычисления в курсовом проекте следует выполнять в международной системе единиц измерения. Объем расчетно-пояснительной записки 25...30 страниц машинописного текста.

Графическая часть проекта выполняется с помощью компьютерной техники.

Отметка о допуске работы к защите получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки и графической части (согласно заданию).

Защита работы происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которой проверяется знание студентом назначения и методики выполненных расчетов, способность анализировать результаты, полученные в ходе расчетов.

Объем самостоятельной работы – 27 час.

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

– учебным планом не предусмотрены

5.4. Перечень контрольных работ

– учебным планом не предусмотрены

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки / Под ред. В.Г. Лисиенко. – Минск: Высш. школа, 1988. – 320 с.

2. Левченко П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности: учебное пособие. /П.В. Левченко. – 2-е изд., стереотип. – М: ООО «Изд-во Альянс», 2014.– 366 с.

3. Кузнецов В.А. Стекловаренная печь: учеб. пособие / Кузнецов В.А. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. – 71 с. - <http://www.iprbookshop.ru/28367>.- ЭБС «IPR-books»

4. Кузнецов В.А., Трубаев П.А., Трулев А.В. Высокотемпературные процессы в теплотехнологических установках: метод. указания к лаб. работам. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2012. – 68 с. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918184652566900007718>

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Гусовский В. Л. Методики расчета нагревательных и термических печей: учебно-справочное пособие / В. Л. Гусовский, А. Е. Лифшиц – М.: Теплотехник, 2004. - <http://www.twirpx.com/file/963822/>

2. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование: Справочник в 3-х книгах. – М.: Теплотехник, 2003. – 608, 832, 592 с.

3. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление, экология Справочник в 2-х книгах. – М.: Теплотехник, 2004. – 688, 592 с.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекционные занятия – аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером).

Практические занятия – аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером).


Лабораторные занятия – компьютерный класс (Лк 423), оборудованный компьютерной техникой и компьютерными программами для выполнения лабораторных работ.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 20 ¹⁶ / 20 ¹⁷ учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «26» 05 2016 г.

Заведующий кафедрой  В.П. Кожевников

Директор института  А.В. Белоусов

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы с изменениями и дополнениями по п. 6

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки / Под ред. В.Г. Лисиенко. – Минск: Высш. школа, 1988. – 320 с.
2. Левченко П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности: учебное пособие. /П.В. Левченко. – 2-е изд., стереотип. – М: ООО «Изд-во Альянс», 2014.– 366 с.
3. Дзюзер В.Я. Теплотехника и тепловая работа печей. Учебное пособие. / В. Я. Дзюзер. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: изд-во «Лань», 2016, 283 с. - <http://e.lanbook.com/book/71710>
4. Кузнецов В.А. Стекловаренная печь: учеб. пособие / Кузнецов В.А. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. – 71 с. - <http://www.iprbookshop.ru/28367.-> ЭБС «IPR-books»
5. Кузнецов В.А., Трубаев П.А., Трулев А.В. Высокотемпературные процессы в теплотехнологических установках: метод. указания к лаб. работам. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2012. – 68 с. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918184652566900007718>

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Гусовский В. Л. Методики расчета нагревательных и термических печей: учебно-справочное пособие / В. Л. Гусовский, А. Е. Лифшиц – М.: Теплотехник, 2004. - <http://www.twirpx.com/file/963822/>
2. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование: Справочник в 3-х книгах. – М.: Теплотехник, 2003. – 608, 832, 592 с.
3. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление, экология Справочник в 2-х книгах. – М.: Теплотехник, 2004. – 688, 592 с.

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «25» 05 2017 г.

Заведующий кафедрой  В.П. Кожевников

Директор института  А.В. Белоусов

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 20¹⁸/20¹⁹ учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от «24» 05 2018 г.

Заведующий кафедрой  В.П. Кожевников

Директор института  А.В. Белоусов

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Курс «**Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки**» представляет собой неотъемлемую составную часть подготовки студентов по направлению подготовки «**Теплоэнергетика и теплотехника**».

Целью изучения курса является формирование у будущих бакалавров-теплоэнергетиков теоретических знаний об общих принципах конструктивного устройства высокотемпературных теплотехнологических установок и протекающих в них разнообразных теплотехнологических процессов, а также получение практических навыков решения основной инженерной задачи – повышению энергетической эффективности высокотемпературных теплотехнологических установок.

Занятия проводятся в виде лекций, лабораторных работ и практических занятий. Большое значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов. Распределение материала дисциплины по темам и требования к ее освоению содержатся в рабочей программе дисциплины, которая определяет содержание и особенности изучения курса.

Курс состоит из пяти разделов. В первом вводном разделе определяются задачи, основные понятия и определения дисциплины, дается краткий обзор разнообразных высокотемпературных теплотехнологических процессов и установок, их классификация.

Второй раздел, направленный на освоение студентами методики расчета материальных, тепловых и энергетических балансов, вносит существенный вклад в практическую подготовку специалистов к их будущей инженерной деятельности. Лекционное изложение теоретических вопросов сопровождается здесь решением задач на практических занятиях, лабораторными работами и курсовым проектированием.

В третьем разделе изучаются наиболее сложные теплофизические составляющие теплотехнологических процессов – внешние и внутренние теплообменные процессы в теплотехнологическом реакторе. Здесь особое внимание должно уделяться нестационарной теплопроводности, радиационному и радиационно-конвективному теплообмену, методам их расчета. Изучение теоретического материала всех трех разделов подкрепляется решением задач на практических занятиях, лабораторными и курсовой работами.

Четвертый раздел в основном посвящен изучению процессов горения топлива. Фактически излагается теория горения, важнейшей составляющей которой являются теоретические и экспериментальные закономерности горения природного газа. Основное внимание уделяется закономерностям диффузионного факела. Обращается внимание на связь между интенсивностями процессов горения и теплоотдачи, на возможности интенсификации теплообмена с помощью электрической энергии. Изучение теоретического материала подкрепляется лабораторными работами.

Пятый раздел посвящен вопросам энергетической эффективности высокотемпературной теплотехнологии. Здесь рассматриваются актуальные вопросы энергосбережения посредством регенерации теплоты, возможности и способы использова-

ния вторичных энергетических ресурсов. Эти же вопросы затрагиваются на практических занятиях и в курсовой работе.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится путем защиты лабораторных работ, решения задач у доски, консультирования в процессе выполнения курсового проекта и тестирования по важнейшим теоретическим темам. Промежуточный контроль состоит из зачета по результатам защиты курсовой работы. В качестве итогового контроля предусмотрен экзамен по теоретическому материалу.

Главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих бакалавров-теплоэнергетиков является самостоятельная работа. Глубокое освоение дисциплины возможно лишь при систематической самостоятельной работе студента, требующей осмысления и повторения пройденного материала.

Исходный этап изучения курса – ознакомление с рабочей программой, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению. Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в методических указаниях к лабораторным занятиям и курсовой работе. В учебниках и учебных пособиях, представленных в списке основной и дополнительной литературы, содержатся возможные ответы на поставленные вопросы.

Инструментами освоения учебного материала в течение семестра являются физические представления, определения, понятия и расчетные методы высокотемпературных теплотехнологических процессов, составляющие содержательную часть дисциплины. Понимание физического смысла расчетных уравнений, их запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом. При подготовке к экзаменам во время экзаменационной сессии учебный материал, усвоенный студентом в семестре, систематизируется, уточняется и становится основой целостного восприятия фундаментальных знаний по изучаемой дисциплине.

Предполагается, что студент изучает и усваивает соответствующие разделы конспекта лекций и учебных пособий при подготовке к практическим и лабораторным занятиям, к защите лабораторных работ и курсовой работы. При этом используются методические указания к выполнению лабораторных работ и контрольные вопросы к каждой лабораторной работе. Значительное внимание уделяется оформлению результатов каждой выполненной лабораторной работы, так как именно здесь студент получает и усваивает навыки работы с техническими документами.

Важнейшей частью самостоятельной работы студента является выполнение и подготовка к защите курсовой работы. Здесь студент осваивает методику и получает навыки инженерных расчетов. Каждый студент получает индивидуальное задание, максимально приближенное к реальным инженерным проблемам, и выполняет его с помощью методических указаний и консультаций преподавателя. Решение типовых задач на практических занятиях помогает студенту более осмысленно воспринимать содержание расчетных методов курсового проекта.

В разделах курса, предусмотренных рабочей программой, при самостоятельной проработке теоретического материала в течение семестра следует уделить

наибольшее внимание уравнениям материального и теплового баланса, их практическому применению, методам расчета теплообменных процессов при проектировании высокотемпературных теплотехнологических установок и способам достижения их повышенной энергоэффективности.

Широкие возможности для углубленного самостоятельного изучения высокотемпературных теплотехнологических процессов появляются у студентов, овладевшими методами математического моделирования. Компьютерные программы математического моделирования высокотемпературных процессов в теплотехнологических установках положены в основу выполнения лабораторных работ и курсового проекта.

Содержание разделов дисциплины.

1. Введение в энергетику теплотехнологии

[1, С. 8...31, 52...96], [2, С. 5...49].

Вводные понятия и термины. Теплотехническая классификация высокотемпературных теплотехнологических процессов. Технологические, энергетические и экологические проблемы теплотехнологии. Теплотехнические принципы организации технологических процессов.

Примеры осуществления высокотемпературных теплотехнологических процессов в черной и цветной металлургии, в химических производствах и в промышленности строительных материалов. Тепловые схемы и конструкции установок.

2. Генерация теплоты в высокотемпературных теплотехнологических реакторах

[1, С. 261...305], [2, С. 89...92, 136...153], [3, С. 202...218].

Основные требования, предъявляемые к организации процесса генерации теплоты в теплотехнологических реакторах. Выбор источника энергии. Способы преобразования электрической энергии и области их применения в высокотемпературных теплотехнологических установках. Способы обеспечения требуемого состава и температуры продуктов горения, повышения светимости факела. Способы сжигания топлива в плотном фильтруемом и в кипящем слое.

Аналитическая теория диффузионного проточного факела. Транспортирующая способность осесимметричной турбулентной струи. Структура и длина диффузионного факела. Изменение расхода несгоревшего топлива по длине факела. Температура и радиационная теплоотдача факела.

Классификация газогорелочных устройств и форсунок, их основные характеристики, область применения. Связь генерации теплоты с режимами теплообмена. Использование электрической энергии. Способы превращения электрической энергии в тепловую.

3. Материальные, тепловые и энергетические балансы ВГУ

[1, С. 137...163], [2, С. 71...86], [3, С. 229...232, 235...260].

Структура уравнений материального баланса. Материальные расчеты идеальных, неравновесных и равновесных теплотехнологических процессов.

Тепловой и энергетический баланс высокотемпературной теплотехнологической установки в целом. Видимый, суммарный и приведенный удельные расходы топлива. Алгоритмы расчета видимого удельного расхода топлива.

4. Внутренний и внешний теплообмен в теплотехнологическом реакторе

[1, С. 164...194, 195...205], [2, С. 169...187, 189...200], [3, С. 102...140, 151...162, 186...200].

Внутренний теплообмен. Продолжительность тепловой обработки технологического материала, нагрева и плавления термически тонких и массивных тел.

Внешний теплообмен. Основные закономерности и пути интенсификации конвективного и радиационного теплообмена в теплотехнологических реакторах.

Зональный метод расчета.

5. Энергетическая эффективность высокотемпературной теплотехнологии

[1, С. 228...260], [2, С. 92...112, 118...136].

Снижение энергозатрат на высокотемпературный теплотехнологический процесс путем регенерации энергетических отходов; схемы регенеративного теплоиспользования; энергетический эффект регенерации; предпосылки реализации глубокой регенерации; регенеративные устройства.

Снижение энергозатрат на высокотемпературный теплотехнологический процесс путем внешнего использования тепловых и горючих отходов. Системы испарительного охлаждения печей, энерготехнологические котлы и котлы-утилизаторы.

Основные направления технического прогресса энергетики высокотемпературной теплотехнологии

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/20 учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от «_13_» июня 2019 г.

Зам. Заведующего кафедрой  Ю.В. Васильченко

Директор института  А.В. Белоусов

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «17» ИЮНЯ 20 20 г.

Заведующий кафедрой  Васильченко Ю. В.

Директор института  Белоусов А.В.

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «28» мая 2021 г.

Заведующий кафедрой  Васильченко Ю. В.

Директор института  Белоусов А.В.