

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ХТИ

 Павленко В.И.

«16» мая 2016 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**Тепловые и аэродинамические процессы  
в промышленных агрегатах**

Направление подготовки:

18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии

Направленность программы:

Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в  
химической технологии вяжущих материалов

Квалификация

**магистр**

Форма обучения

**очная**

**Институт: Химико-технологический институт**

**Кафедра: Технологии цемента и композиционных материалов**

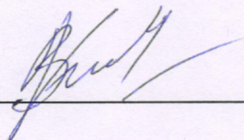
Белгород – 2016



Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень магистратуры), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 ноября 2014 г., №1480.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составитель: к.т.н., доцент



Коновалов В.М.

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой технологии цемента и композиционных материалов

Зав. кафедрой ТЦКМ, д.т.н.

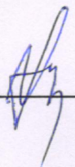


Борисов И.Н.

« 14 » мая 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
« 14 » мая 2016 г., протокол № 11

Зав. кафедрой ТЦКМ, д.т.н.

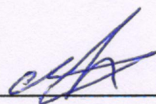


Борисов И.Н.

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

« 15 » мая 2016 г., протокол № 9

Председатель, к.т.н., доцент



Порожнюк Л.А.

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Общекультурные</b>			
1	ОПК-3	Способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением подготовки	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные законы физики, физической химии, технической термодинамики, Газодинамики.</p> <p><b>Уметь:</b> использовать полученные знания для изыскания наиболее эффективных методов снижения затрат топливно-энергетических ресурсов при одновременном повышении технологических показателей.</p> <p><b>Владеть:</b> методами анализа химико-технологических процессов, оценкой возможности применения различных способов организации энерго-химико-технологических систем (ЭХТС)</p>
<b>Производственно-технологическая деятельность</b>			
2	ПК-8	Готовностью к разработке технических заданий на проектирование и изготовление нестандартного оборудования	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основы комплексных подходов в развитии ресурсо-и-энергосберегающих технологий.</p> <p><b>Уметь:</b> использовать полученные знания для вариантов эффективного использования техногенного и не кондиционного сырья и топлива в технологическом процессе.</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками разработки технических заданий на проектирование и изготовление нестандартного оборудования</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины
1	Энергосбережение в производстве цемента (Курс программы бакалавриата 18.03.02-01)
2	Тепломассообмен во вращающихся печах (Курс программы бакалавриата 18.03.02-01)
3	Технология производства цемента (Курс программы бакалавриата 18.03.02-01)

4	Тепловые процессы в химической технологии (Курс программы бакалавриата 18.03.02-01)
5	Физическая химия вяжущих материалов

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины
1	Аудит технологического процесса вяжущих материалов
2	Энергосбережение в производстве композиционных материалов на основе вяжущих

### 3.ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	68	68
лекции	34	34
лабораторные		
практические	34	34
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	148	148
Курсовой проект		
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	76	76
Форма промежуточная аттестация (экзамен)	36	36



**4.СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1 Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 1 Семестр 2**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час		
		Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Техническая термодинамика</b>				
	Термодинамическая система, параметры, процесс. Энергия, работа и теплота, их эквивалентность. Функции состояния. Внутренняя энергия системы энтальпия. Математическое выражение начал термодинамики.	10	12	20
	Термодинамические процессы идеальных газов. Политропный процесс.			
	Истечение газов и жидкости. Уравнение Бернулли.			
<b>2.</b>				
	Тепловые балансы. Сущность высокотемпературного синтеза. Оборудование заводов по производству вяжущих материалов.	12	10	20
	Функции работоспособности. Эксергия. Эксергетический анализ химико-технологических систем. Эффективность сжигания топлива, влияние рекуперативных систем на эффективность теплопередачи в факельном пространстве.			
	Основные виды тепломассообмена в тепловых агрегатах. Закон Фурье и Ньютона-Рихмана. Конвективный теплообмен и теплообмен излучением.			
<b>3.</b>				
	Элементы газо- и гидродинамики. Уравнение Навье – Стокса. Движение жидкости и газов.	6	6	16
	Гидродинамическое подобие. Предельная скорость движения газа. Число Маха.			
<b>4.</b>				
	Элементы химической термодинамики. Термохимия клинкера. Методы расчета Теплового эффекта клинкообразования.	6	6	20
	Теплоемкость неорганических соединений. Энтальпия процесса. Уравнение Кирхгофа. Методы расчета энергии Гипса.			
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>76</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	
1	Техническая термодинамика	Газовые смеси	2
		Основные газовые процессы. Теплоемкость, теплота, работа процесса.	4
		Циклические процессы. Энтропия.	2
2	Теплотехника	Эксергетический анализ тепловых агрегатов	4
		Теплообменные процессы в тепловых агрегатах.	4
		Основные виды тепломассообмена, теплопроводность, конвективный теплообмен, излучение.	6
3	Газодинамика	Истечение газов и жидкостей из сопел.	2
		Гидродинамическое подобие	2
		Основы расчета газовых потоков.	2
4	Физическая химия вяжущих материалов	Теплоемкость, ее зависимость от температуры	2
		Тепловой эффект реакции, энтальпия и энтропия процесса	2
		Термохимия клинкера, энтропийный и эксергетический анализ химико-технологических процессов.	2
ИТОГО:			34

## 5. 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	Термодинамика.	Понятие о термодинамических процессах. Энергия, работа и теплота.
		Параметры состояния системы (объем, давление, температура и т.д.)
		Уравнение состояния газов (Менделеева-Клайперона)
		Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля
		Газовая постоянная (физический смысл)
		Закон состояния идеальных и реальных газов
		Теплоёмкость: истинная, средняя. Расчет истинной теплоёмкости

		<p>Теплоёмкость: массовая, объёмная, мольная при постоянных объёме, давлении, линейная и нелинейная теплоемкость</p> <p>Коэффициент Пуассона</p> <p>Парциальные давление и объём смеси газов, закон Дальтона</p> <p>Кажущаяся молекулярная масса</p> <p>Первый закон термодинамики</p> <p>Нулевой закон термодинамики</p> <p>Аналитическое выражение I закона термодинамики</p> <p>Энтальпия и внутренняя энергия системы</p> <p>Изохорный процесс в P-V и T-S диаграммах</p> <p>Изобарный процесс в P-V и T-S диаграммах</p> <p>Изотермический процесс в P-V и T-S диаграммах</p> <p>Адиабатный процесс в P-V и T-S диаграммах</p> <p>Политропный процесс, в P-V и T-S диаграммах</p> <p>Прямой цикл Карно в координатах P-V и T-S</p> <p>II закон термодинамики (определение, аналитическое выражение)</p> <p>Энтропия (общие понятия, физический смысл) и Вероятность</p>
2	Теплотехника	<p>Критерий оптимизации тепло-технологических процессов</p> <p>Тепловые процессы в печных агрегатах</p> <p>Виды теплообмена, теплообмен теплопроводностью, закон Фурье.</p> <p>Теплопроводность в плоской и цилиндрической стенки</p> <p>Конвективный теплообмен. Закон Ньютона - Рихмана, понятие о тепловом и гидродинамическом слое. Теплопередача от плоской и цилиндрической стенки.</p> <p>Теплообмен излучением. Закон Планка. Связь длины волны и температуры. Закон Вина и Стефана-Больцмана.</p> <p>Излучение абсолютно черного тела, закон Кирхгофа, Изменение интенсивности излучения в поглощающей среде, закон Бугера-Ламберта-Бера.</p> <p>Тепловой эффект образования клинкера (ТЭК), расчет различными методами.</p> <p>Эксергия (определение, физический смысл)</p> <p>Виды эксергии</p> <p>Потери эксергии</p> <p>Эксергетический баланс, эксергетический КПД</p> <p>Влияние работы клинкерных холодильников на условия теплообмена в печи.</p> <p>Сущность коэффициента теплотерь. Значение экономии тепла в горячей части печи</p>
3	Аэродинамика	<p>Термодинамика потоков, I закон термодинамики для потока.</p> <p>Истечение газов из сопла (сужающегося, расширяющегося)</p> <p>Определение критических значений истечения газов.</p>
4	Физическая химия вяжущих материалов	<p>Термодинамические законы для конденсированных систем</p> <p>Энтропийный анализ химико технологических процессов</p> <p>Энтальпия процесса, самопроизвольность протекания реакции, тепловой эффект реакции.</p> <p>Теплоемкость нелинейная, функция температуры.</p> <p>Термохимия образования клинкера (ТЭК)</p> <p>Способы расчета ТЭК, закон Гесса</p>

		Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.
		Константа равновесия, ее взаимосвязь с энтальпией и температурой.
		Влияние температуры на термодинамические свойства веществ и параметры реакции

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

**Курсовая работа: «Термодинамический и тепловой анализ работы цементной вращающейся печи»**

В курсовой работе магистрант должен проанализировать технологические схемы производства цемента с точки зрения их энергоэффективности, выполнить необходимые расчеты для энтропийного анализа возможности протекания тепловых процессов в цементной печи. Рассчитать основные параметры горения заданного вида топлива, энтальпию продуктов горения и технологических газов по зонам печи. Сопоставить полученные результаты с основными статьями расхода тепла при обжиге материала заданного химического состава. Определить основные теплотери корпусом печи с учетом различных видов теплообмена в отдельных технологических зонах агрегата.

Сделать выводы о необходимых мероприятиях по снижению энергопотребления в процессе производства портландцементного клинкера.

## **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Д. Тер Хаар, Г. Вергеланд. /Основы термодинамики / - Москва : Вузовская книга, 2006. - 200 с.
2. Б.М.Гришко, П.А.Трубаев, Техническая термодинамика: ч.1:Основы термодинамики, : учеб.пособие. / -Белгород: БГТУ им Шухова,-2009. – 137 с
3. Классен В.К. / Технология и оптимизация производства цемента. – (учебное пособие). – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2012. – 308 с.
4. Чечеткин А.В. / Занемонец Н.А. Теплотехника. - М.: Высшая школа. - 1986.
5. Крутов В.И./ Техническая термодинамика. - М.: Высшая школа. - 1991.
6. Кузнецова Т.В., Кудрявцев И.В., Тимашев В.В. / Физическая химия вяжущих материалов. - М.: Высшая школа. - 1989.
7. Подпоринов Б. Ф., Должикова Т. А., Попов Е. В. / Техническая термодинамика. Методические указания для заочной формы обучения. - БГТУ им. В. Г. Шухова 2003г.
8. Коновалов В. М., Поляков Г. П., Перескок С.А., Термодинамика высокотемпературного обжига силикатных систем.- Методические указания к выполнению лабораторных работ. - Белгород 2009г.

### **6.2. Перечень дополнительной литературы**



#### Дополнительная литература:

1. Вакулович М.П., Новиков И.И. Термодинамика. - М.: Машиностроение.- 1972.
2. Вердиян М.Э., Бобров Д.А. и др., Эксергетический анализ процессов химической технологии. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева.-2004.
3. Дуда В. Цемент. - М.: Стройиздат. - 1981.
4. Классен В.К. Обжиг цементного клинкера. - Красноярский отдел: Стройиздат. - 1994.
5. Теплотехника и тепловые установки предприятий строительных материалов. Лабораторный практикум / Н.П. Кудеярова, Л.Б.Афанасьева, Г.П.Поляков, С.А.Перескок, А.В.Черкасов / - 2007г.

#### Справочная и нормативная литература:

1. Рябин В.А., Остроумов М.А., Свит Т.Ф. Термодинамические свойства веществ / справочник. - Ленинградское отд.: Химия. - 1977.

### **6.3. Перечень интернет ресурсов**

**1. Сборник нормативных документов «СтройКонсультант» [www.snip.ru](http://www.snip.ru) -**  
–Доступ осуществляется в зале электронных ресурсов НТБ (к. 302)

**2. Электронный читальный зал <https://elib.bstu.ru/>.**

Содержит полные тексты учебных и учебно-методических пособий, монографий, авторами которых являются преподаватели университета; учебных и учебно-методических изданий, приобретенных во внешних издательствах и книготорговых организациях; Редких ценных изданий из фонда научно-технической библиотеки. Доступ к электронному читательскому залу осуществляется с компьютеров локальной сети университета и сети Интернет.

**3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [elibrary.ru](http://elibrary.ru)**

Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 19 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 3900 российских научно-технических журналов, в том числе более 2800 журналов в открытом доступе. В настоящее время открыт доступ к 79 российским научно-техническим журналам. Доступ к ресурсу осуществляется с компьютеров локальной сети университета и в зале электронных ресурсов (к.302).

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Лекционные занятия проводятся в учебной аудитории 103, оснащенной мультимедийным комплексом.

Практические занятия проводятся в компьютерных классах 212 и 118 оснащенными персональными компьютерами, мультимедийными комплексами и тренажерным комплексам «SIMULEX».

Самостоятельная работа студентов осуществляется в кафедральной библиотеке 119<sup>а</sup> и библиотеке БГТУ им. В.Г. Шухова.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 14 заседания кафедры от «8» июня 2017 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

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

Протокол № 13 заседания кафедры от «15» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.



## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 16 заседания кафедры от «07» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

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

Протокол № 17 заседания кафедры от «13» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение №1.** Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины.

Дисциплина относится к блоку дисциплин профессионального цикла (вариативная часть Б1.М2.В.01) учебного плана и является неотъемлемой частью подготовки магистров по направлению 18.04.02 Дисциплина расширяет специальные знания студентов. При чтении лекций используются современные мультимедийные средства, которые применяются студентами при самостоятельной их работе в курсовом и дипломном проектировании. Содержание практических занятий тесно увязано с лекционным курсом. Самостоятельная работа студентов включает решение задач по определению основных параметров технологических систем, изменения свойств материальных потоков и газодинамических условий, сопровождающих протекание химико-технологических процессов. Текущий контроль включает обсуждение правильности решения поставленных задач, выполнение курсовой работы. Итоговый контроль – экзамен.

Целью изучения курса является формирование у будущих специалистов теоретических знаний по термодинамике силикатных систем, физико-химическим процессам, протекающим в технологии вяжущих материалов основам оптимизации производственных процессов, обусловленных протеканием тепломассообмена.

Изучение дисциплины предполагает решение ряда сложных задач, что дает возможность студентам:

- анализировать научно-техническую литературу;
- осуществлять технологический контроль в производстве материалов;



- проводить технико-экономический анализ производства.
- выполнять основные теплотехнические и аэродинамические расчеты с целью оптимизации технологических параметров технологических процессов и эффективного использования материально-энергетических ресурсов;
- анализировать и оценивать альтернативные варианты технологической схемы производства и отдельных переделов;
- эффективно использовать оборудование, сырье и вспомогательные материалы;
- планировать и проводить научные исследования в области совершенствования технологического процесса;

Самостоятельная работа является главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих специалистов.

Исходный этап изучения курса «Тепловые и аэродинамические процессы в промышленных агрегатах» предполагает 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 планах и заданиях к практическим занятиям, а также методических указаниях.

В учебниках и учебных пособиях, представленных в списке рекомендуемой литературы содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Изучение каждой темы следует завершать выполнением практических заданий, решением задач, содержащихся в соответствующих разделах учебников и методических пособий по курсу «Тепловые и аэродинамические процессы в промышленных агрегатах». Для обеспечения систематического контроля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и заданиях к занятиям. Если при ответах на сформулированные в перечне вопросы возникнут затруднения, необходимо очередной раз вернуться к изучению соответствующей темы, либо обратиться за консультацией к преподавателю.

Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, поэтому необходимо делать соответствующие записи по каждой теме.

