

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института строительного  
материаловедения и техносферной  
безопасности  
  
В.И. Павленко

« 16 » апреля 2015

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**Термодинамика силикатных систем**

направление подготовки:

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

Направленность программы:

Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химической  
технологии вяжущих материалов

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

**Институт:** Строительного материаловедения и техносферной безопасности

**Кафедра:** Технологии цемента и композиционных материалов

Белгород – 2015

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень бакалавриата), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г., № 227.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель (составители): к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ (В.М. Коновалов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Технологии цемента и композиционных материалов  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ (И. Н. Борисов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 14 » апреля 2015 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » апреля 2015 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ (И. Н. Борисов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » апреля 2015 г., протокол № 8

Председатель \_\_\_\_\_ (Л. А. Порожнюк)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

### Отзыв

На рабочую программу учебной дисциплины высшего образования «Термодинамика силикатных систем». Направление подготовки: 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Направленность программы: «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химической технологии вяжущих материалов»

Учебная дисциплина «Термодинамика силикатных систем» преподается в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова на кафедре «Технологии цемента и композиционных материалов» (автор доцент, к.т.н. Коновалов В.М.). Объем учебной дисциплины: 3 зачетных единицы, 108 часов. Дисциплина включает 17 часов лекционных занятий и 34 часа практических занятий, курсовую работу, 9 часов – индивидуальное домашнее задание и завершается дисциплина сдачей зачета.

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Общая химия».

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин: «Энергосбережение в производстве цемента», «Теплообмен во вращающихся печах», «Технология производства цемента», «Тепловые процессы в химической технологии». Программой предусматривается изучение основ технической термодинамики, газовых законов, элементы химической термодинамики и основы теплотехники. Подробно рассматриваются принципы составления материальных и тепловых балансов энерго-химико - технологических систем с возможностью повышения их эксергитического к.п.д., варианты расчетов тепловых эффектов химических реакций и ТЭК.

Лекционный материал сопровождается решением практических задач для соответствующих разделов изучаемой дисциплины. Тематика индивидуальных заданий соответствует профилю дисциплины и отражает возможности развития энергосберегающих технологий.

Учебная дисциплина обеспечена учебной литературой всех видов занятий. Кафедра ТЦ и КМ имеет достаточную базу для их проведения, 2 компьютерных класса с соответствующим программами по расчету состава сырьевых смесей, тепловых балансов вращающихся печей и системам, моделирующим процессы управления технологическими процессами.

Рабочая программа учебной дисциплины полностью соответствует требованиям Федерального государственного стандарта высшего образования по направлению 18.03.02 «Энерго - и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (уровень бакалавриата), профиль «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химической технологии вяжущих материалов» и позволяет студентам в полной мере овладеть общепрофессиональными и профессиональными компетенциями.

Рецензент,

Управляющий Воронежским филиалом АО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»



Марачков С.В.

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-3	Способностью использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные законы физики, механики положения органической и неорганической химии.</p> <p><b>Уметь:</b> использовать знания для понимания технологических процессов и их совершенствования.</p> <p><b>Владеть:</b> математическим аппаратом , и методами анализа химико-технологических процессов.</p>
Производственно-технологическая деятельность			
1	ПК-5	Готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные законы технической и химической термодинамики, принципы энерготехнологии .</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду</p> <p><b>Владеть:</b> методами анализа химико-технологических процессов., способами снижения энерго- и ресурсопотребления потребления и снижения вредных выбросов в окружающую среду</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математика
2	Физика
3	Общая химия

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Энергосбережение в производстве цемента
2	Тепломассообмен во вращающихся печах
3	Технология производства цемента
4	Тепловые процессы в химической технологии

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1	Семестр № 2	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	108			108	
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	51			51	
лекции	17			17	
лабораторные					
практические	34			34	
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	57			57	
Курсовой проект					
Курсовая работа					
Расчетно-графическое задания					
Индивидуальное домашнее задание	9			9	
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	48			48	
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)				зачет	

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1 Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 2\_ Семестр 3\_**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Техническая термодинамика					
	Предмет и содержание курса технической термодинамики. Значение термодинамики в технологии вяжущих материалов. Термодинамическая система, параметры, процесс. Энергия, работа и теплота, их эквивалентность. Функции состояния. Внутренняя энергия системы энтальпия. Математическое выражение первого закона термодинамики	6	11		18
	Термодинамические процессы идеальных газов. Процессы при постоянных температуре, объеме, давлении. Политропный процесс				
	Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Цикл Карно. Математическое выражение второго начала термодинамики. Энтропия				
2. Элементы химической термодинамики, химическое равновесие					
	Элементы химической термодинамики. Теплоемкость неорганических соединений. Зависимость теплоемкости от температуры. Уравнение Кирхгофа. Изменение энтропии как критерий самопроизвольности процессов	6	8		20
	Третий закон термодинамики. Тепловая теорема Нернста. Химическое равновесие, энергия Гиббса. Влияние температуры на химическое равновесие и свойства веществ. Методы расчета Энергии Гиббса.				
3. Основы теплотехники					
	Тепловые балансы. Тепловой эффект клинкерообразования. Физическая сущность процессов сушки и высокотемпературного синтеза. Оборудование заводов по производству цемен-	6	15		19

	та.				
	Работоспособность термодинамических систем. Функции работоспособности. Эксергия. Эксергетический анализ тепловых машин и процессов				
	Эффективность сжигания топлива во вращающихся печах. Влияние работы клинкерных холодильников на условия теплообмена в печи. Сущность коэффициента теплопотерь.				
	ВСЕГО	17	34		57

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №_3_				
1	Техническая термодинамика	Определение теплоемкости газовых смесей	4	6
2		Эквивалентность превращения тепловой и механической энергии	4	6
3		Основные газовые процессы	4	10
4		Изучение круговых процессов	2	6
5	Химическая термодинамика, химическое равновесие	Определение направления протекания процесса	4	6
6		Зависимость теплоемкости от температуры	2	6
7		Влияние температуры на химическое равновесие и свойства веществ	2	4
8	Теплотехника	Тепловой эффект клинкерообразования	4	2
9		Энергетический анализ работы тепловых машин	4	4
10		Теплообмен во вращающейся печи цементного производства	2	4
11		Влияние к.п.д. клинкерного холодильника на процессы теплообмена во вращающейся печи	2	3
ИТОГО:			34	57

## 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	Термодинамические системы (открытая, закрытая, изолированная и т.д.)
2		Понятие о термодинамических процессах. Энергия, работа и теплота.
3		Параметры состояния системы (объём, давление, температура и т.д.)
4		Уравнение состояния газов (Менделеева-Клайперона)
5		Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля
6		Газовая постоянная (физический смысл)
7		Закон состояния идеальных и реальных газов
8		Теплоёмкость: истинная, средняя. Расчет истинной теплоёмкости
9		Теплоёмкость: массовая, объёмная, мольная при постоянных объёме, давлении, линейная и нелинейная теплоемкость
10		Коэффициент Пуассона
11		Парциальные давление и объём смеси газов, закон Дальтона
12		Кажущаяся молекулярная масса
13		Первый закон термодинамики
14		Нулевой закон термодинамики
15		Аналитическое выражение I закона термодинамики
16		Энтальпия и внутренняя энергия системы
17		Изохорный процесс в P-V и T-S диаграммах
28		Изобарный процесс в P-V и T-S диаграммах
19		Изотермический процесс в P-V и T-S диаграммах
20		Адиабатный процесс в P-V и T-S диаграммах
21		Политропный процесс, в P-V и T-S диаграммах
22		Прямой цикл Карно в координатах P-V и T-S
23		II закон термодинамики (определение, аналитическое выражение)
24		Энтропия (общие понятия, физический смысл)
25		Термодинамика потоков, I закон термодинамики для потока.
26		Истечение газов из сопла (сужающегося, расширяющегося)

27		Определение критических значений истечения газов.
28	Химическая термодинамика, химическое равновесие	Термодинамические законы для конденсированных систем
29		Энтропийный анализ химико технологических процессов
30		Энтальпия процесса, самопроизвольность протекания реакции, тепловой эффект реакции.
31		Теплоемкость нелинейная, функция температуры.
32		Тепловой эффект образования клинкера (ТЭК)
33		Способы расчета ТЭК, закон Гесса
34		Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.
35		Константа равновесия, ее взаимосвязь с энтальпией и температурой.
36		Влияние температуры на термодинамические свойства веществ и параметры реакции
33		
38	<b>теплотехника</b>	Оптимизация работы вращающейся печи, параметры оптимизации
39		Тепловые процессы в печных агрегатах
40		Тепловой эффект образования клинкера (ТЭК), расчет различными методами.
41		Эксергия (определение, физический смысл)
42		Виды эксергии
43		Потери эксергии
44		Эксергетический баланс, эксергетический КПД
45		Влияние работы клинкерных холодильников на условия теплообмена в печи.
46		Сущность коэффициента теплотерь. Значение экономии тепла в горячей части печи

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

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

1. Чечеткин А.В., Занемонец Н.А. Теплотехника. - М.: Высшая школа. - 1986.
2. Крутов В.И. Техническая термодинамика. - М.: Высшая школа. - 1991.
3. Костерев Ф.М., Кушнырев В.И. Теоретические основы теплотехники. - М.: Энергия, 1978.
4. Кузнецова Т.В., Кудрявцев И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов. - М.: Высшая школа. - 1989.
5. Подпоринов Б. Ф., Должикова Т. А., Попов Е. В. Техническая термодинамика. Методические указания для заочной формы обучения. БГТУ им. В. Г. Шухова 2003г.
6. 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. Дуда В. Цемент. - М.: Стройиздат. - 1981.
3. Классен В.К. Обжиг цементного клинкера. - Красноярский отдел: Стройиздат. - 1994.
4. 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**

Электронный читальный зал библиотеки БГТУ- <https://elib.bstu.ru/>

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

1. Лаборатория химических методов анализа кафедры ТЦКМ.
2. Лаборатория физико-механических испытаний кафедры ТЦКМ.
3. Компьютерный класс кафедры ТЦКМ.
4. Аудитория, оснащенная презентационной техникой, комплект электронных презентаций
4. Кинофильмы: клинкерные холодильники, горелочные устройства, вращающиеся печи, помольное оборудование, дробильное оборудование.

## **8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.

Протокол № 1 заседания кафедры от «8 » сентября 2016 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.  
Протокол № 2 заседания кафедры от «7» сентября 2017 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
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.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение №1.** Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины (включая перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине).

Дисциплина относится к блоку дисциплин профессионального цикла (вариативная часть Б1.Б3.В.05) учебного плана и является неотъемлемой частью подготовки бакалавров по направлению 18.03.02 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. Итоговый контроль – зачет.

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 теплообмена.

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

- 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 «Термодинамика силикатных систем» 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 ТСС. 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.