

**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

**Технология и энергосбережение при измельчении твердых тел**

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**

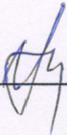
Белгород – 2016

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.  Смаль Д.В..

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>Профессиональные</b>			
1	ПК-7	Готовность к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> теоритические основы и закономерности процесса измельчения материалов, принципы действия и конструкционные особенности оборудования, технологические схемы измельчения и параметры оптимизации измельчения, характеристики исходных материалов.</p> <p><b>Уметь:</b> проводить расчеты параметров процесса измельчения с целью увеличения энергоэффективности помола в целом.</p> <p><b>Владеть:</b> способами оптимизации технологических характеристик работы помольных агрегатов с целью повышения энергосбережения и обеспечения экологической безопасности при измельчении.</p>
2	ПК-10	Способность оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> современное помольное оборудование, принципы действия и конструкцию оборудования.</p> <p><b>Уметь:</b> проводить расчеты и анализировать технико-экономические показатели работы современного помольного оборудования с целью оценки энергоэффективности помола и рисков при его применении.</p> <p><b>Владеть:</b> способами оценки рисков при использовании в технологическом процессе нового оборудования.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	-

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Производственная практика
2	Преддипломная практика

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>		
лекции	17	17
лабораторные		
практические	34	34
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>		
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	93	93
Форма промежуточная аттестация (зачет, 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	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Характеристики измельчаемых материалов.					
	Свойства измельчаемых материалов. Гранулометрический состав.	2			7
2. Теоретические основы измельчения.					
	Способы измельчения. Основные положения теории измельчения. Кинетика измельчения. Измельчаемость (размалываемость) материала.	4			10
3. Классификация и характеристика помольного оборудования.					
	Разновидности дробильного и помольного оборудования. Характеристика работы дробильно-помольных агрегатов.	4			10
4. Технологические показатели процесса измельчения.					

	Производительность мельницы. Удельные энергозатраты. Частота и относительная скорость вращения мельницы. Мощность трубной мельницы.	2	8		10
5. Мелющая загрузка. Характеристики мелющих тел.					
	Режимы работы мелющей загрузки барабанной мельницы. Определение объема шароматериальной загрузки барабанной мельницы. Состав шаровой загрузки. Методы расчета загрузки.	2	14		8
6. Оптимизация процесса измельчения твердых тел.					
	Конструктивно-технологические элементы мельниц. Интенсификация помола материала, применение ПАВ. Технологические схемы измельчения (открытый и замкнутый циклы). Инновационные способы измельчения и современное оборудование.	3	12		12
	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
1	Режимы движения шароматериальной загрузки.	Рассмотрение скоростных режимов работы мелющих тел.	6	7
2	Подбор ассортимента мелющих тел.	Определение степени заполнения и массы мелющих тел для различных типоразмеров шаровых трубных мельниц.	6	9
3	Определение расходуемой мельницей мощности.	Определение зависимости потребляемой мощности мельницы от степени заполнения мелющими телами.	8	8
4	Расчет производительности мельницы.	Проведение расчета и анализа производительности шаровых трубных мельниц различных размеров в зависимости.	8	8
5	Вычисление удельных энергозатрат на измельчение материала.	Определение зависимости энергозатрат от дисперсных характеристик материалов до и после измельчения.	6	8
ИТОГО:			34	40

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

### **5.1. Перечень контрольных вопросов**

1. Способы измельчения твердых тел.
2. Теоретические основы измельчения материалов.
3. Кинетика измельчения.
4. Измельчаемость (размалываемость) материала.
5. Оценка показателей измельчаемости.
6. Теоретическая прочность материала. Реальная прочность. Дефекты кристаллической структуры. Вакансии. Дислокации.
7. Реальная прочность материала.
8. Режимы работы мелющей загрузки барабанной мельницы.
9. Частота и относительная скорость вращения мельницы.
10. Мощность трубной мельницы.
11. Производительность мельницы.
12. Удельные энергозатраты.
13. Конструктивно-технологические элементы мельниц.
14. Бронефутеровка мельниц (литые бронеплиты). Бронефутеровка из прокатных элементов.
15. Мелющая загрузка и её основные параметры.
16. Определение объема шароматериальной загрузки барабанной мельницы.
17. Состав шаровой загрузки. Методы расчета загрузки.
18. Энергообменные конструктивные элементы трубных мельниц.
19. Интенсификация помола материала.
20. Измельчение в замкнутом цикле.
21. Сепараторы. Виды сепараторов, режим работы.
22. Аэродинамический (аспирационный) режим работы мельницы.
23. Температурно-влажностный режим работы мельницы (ТВР).
24. Новые способы помола. Современные агрегаты для помола материала.
25. Характеристика измельчаемых материалов.
26. Дефекты кристаллической решетки. Виды дефектов.
27. Свойства материалов, влияющие на процесс измельчения.
28. Основные закономерности процесса тонкого измельчения.
29. Конструктивные отличия шаровых и трубных мельниц.
30. Конструктивные особенности стержневых, валковых и вибрационных мельниц.
31. Оптимизация работы помольных установок.
32. Методика построения диаграммы помола по длине мельницы.
33. Измельчение твердого топлива. Общая схема углепомольной установки.
34. Основные факторы, оказывающие влияние на износ мелющих шаров.
35. Особенности влияния поверхностно-активных веществ на измельчение цемента.
36. Взаимодействие частиц в процессе измельчения.
37. Степень заполнения и масса мелющих тел.

38. Вертикально-валковые мельницы и технические характеристики.
39. Сравнительная характеристика вертикально-валковой и трубной шаровой мельниц.
40. Расчет трубной шаровой мельницы.

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

Не предусмотрено.

### **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий**

Не предусмотрено.

### **5.4. Перечень контрольных работ**

Не предусмотрено.

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

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

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. 307 с. (Рекомендовано ГОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева в качестве учебного пособия)
2. Шарапов Р.Р. Шаровые мельницы замкнутого цикла: монография. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. - 269 с.
3. Фадин Ю.М. Экспериментальные исследования трубных шаровых мельниц с рециклом загрузки : монография / Ю. М. Фадин, С. С. Латышев, П. Н. Велентенко. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. - 155 с.

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

1. Перов В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / В.А. Перов, С.Е. Андреев, Л.Ф. Биленко. – М.: Недра, 1990.
2. Пироцкий В.З. Оптимизация процесса измельчения в цементных мельницах большой мощности / В.З. Пироцкий // XIX Всерос. (III Международ.) совещание. – М. – 1998. – 116 с.
3. Пироцкий В.З. Технология измельчения клинкера и добавок / В.З. Пироцкий // Науч. тр. НИИЦемент. – М. – 1992. – Вып. № 102.

4. Пироцкий В.З. Оптимизация процесса измельчения высокодисперсных компонентных цементов / В.З. Пироцкий, Г.М. Нилова // Тр. VIII ВНТС по химии и технологии цемента. – М.: Стройиздат, 1991. – Ч.1. – Кн. 1. – 283 с.
5. Пироцкий В.З. Экспериментальные исследования схем измельчения и свойств цемента с добавками / В.З. Пироцкий, Г.М. Нилова // Науч. тр. НИИЦемент. – М. – 1986. – Вып. № 90. – 60 с.
6. Крыхтин Г.С. Интенсификация работы мельниц/ Г.С. Крыхтин, Л.Н. Кузнецов. – Новосибирск: Наука, 1993. – 241с.
7. Пироцкий В.З. Современные системы измельчения для портландцементного клинкера и добавок: схемы, эффективность, оптимизация. –СПб.: Изд-во ЦПО «Информатизация образования», 2000. –71с.
8. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. –М.: Химия, 1977. – 368с.
9. Дешко Ю.И. Измельчение материалов в цементной промышленности/ Ю.И. Дешко, М.Б. Креймер, Г.С. Крыхтин. – М.: Изд-во лит. по строительству, 1966. – 273с.

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

#### **1. 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 и ценных изданий из фонда научно-технической библиотеки. Доступ к электронному читальному залу осуществляется с компьютеров локальной сети университета и сети Интернет

#### **2. 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 специально оборудованных учебных аудиториях, 103 УК2, оснащенной мультимедийным комплексом и 212 УК2, оснащенной мультимедийным комплексом и 12 компьютерами.

**Практические занятия** проводятся в специально оборудованных учебных аудиториях, 103 УК2, оснащенной мультимедийным комплексом и 212 УК2, оснащенной мультимедийным комплексом и 12 компьютерами.

**Самостоятельная подготовка** студентов может проходить в зале курсового и дипломного проектирования в учебной аудитории 212 УК2, оснащенной 12 компьютерами; в библиотеке кафедры ТЦКМ 119-а УК2, в которой собраны периодические издания по специальности за 15 лет, учебники, учебные пособия, справочники, электронные пособия.

## 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 (включая перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине).

Дисциплина «Технология и энергосбережение при измельчении твердых тел» относится к блоку дисциплин профессионального цикла (вариативная часть Б1.М2.В.02) учебного плана и является неотъемлемой частью подготовки магистров по направлению 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии». Изучение данной дисциплины позволяет значительно расширить знания магистров в области измельчения материалов. При чтении лекций активно используются современные мультимедийные устройства. Логическим завершением изучения дисциплины является экзамен.

Главной задачей данного курса является формирование у магистра представления о теоретических и практических способах интенсификации процесса измельчения материалов, рассмотрение новейших достижений в этой области. Также важной задачей изучения дисциплины состоит в освоении методов и способов рационального помола материалов для экономии энерго-материальных ресурсов.

Список рекомендованной литературы содержит необходимый объем информации. Для более глубокой проработки вопросов рекомендуется ознакомиться с информацией, представленной в периодических изданиях (сборники трудов, журналы).

Процесс усвоения каждой из рассматриваемых тем необходимо закреплять выполнением практических заданий.

Максимальный эффект обучения достигается при систематической работе, заключающейся в глубоком осмыслении и повторении материала полученного во время лекций.