

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

СОГЛАСОВАНО  
Директор института ИМ  
  
И.В. Ярмоленко  
« 17 » мая 20 21 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ХТИ  
  
Р.Н. Ястребинский  
« 17 » мая 20 21 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

Физико-химические процессы измельчения материалов

направление подготовки:

18.04.01 Химическая технология

Направленность программы (профиль):

Химическая технология вяжущих и композиционных материалов

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная


Институт Химико-технологический институт

Кафедра Технология цемента и композиционных материалов

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - магистратура по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г., № 910
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): к.т.н.  (Д.В. Смаль)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » мая 2021 г., протокол № 19

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, доцент  (И.Н. Борисов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (Л.А. Порожнюк)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Химические вещества и материалы; методы и приборы определения состава и свойства веществ и материалов	ПК-1. Организует и проводит работу по исследованию технологического процесса производства цемента и использованию современного оборудования	ПК-1.3. Организует и проводит исследовательские и экспериментальные работы по освоению новых технологических процессов и оборудования	<p><b>Знать:</b> методики проведения исследовательских и экспериментальных работ, с целью освоения нового оборудования и технологических процессов производства</p> <p><b>Уметь:</b> проводить исследования применительно к технологическому процессу производства и оборудованию</p> <p><b>Владеть:</b> навыками организации и осуществления экспериментальных и исследовательских работ для обучения работы на оборудовании и овладению технологией производства</p>

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-1.** Организует и проводит работу по исследованию технологического процесса производства цемента и использованию современного оборудования

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Мировой опыт развития технологических процессов производства вяжущих материалов
2	Производственная научно-исследовательская работа
3	Физико-химические процессы обжига портландцементного клинкера
4	Физико-химические процессы измельчения материалов
5	Проектное обучение
6	Учебная научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
7	Современные методы управления технологическим процессом производства цемента
8	Управление технологическим процессом производства цемента
9	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика
10	Производственная преддипломная практика

## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часов.  
Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	55	55
лекции	17	17
лабораторные	-	-
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	4	4
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	89	89
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	53	53
Экзамен	36	36

**2. 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. Теоретические сведения о процессе измельчения, характеристика измельчаемых материалов.					
	Теоретические основы измельчения материалов. Способы измельчения твердых тел. Характеристика измельчаемых материалов. Кинетика измельчения. Размываемость материала. Взаимодействие частиц в процессе измельчения. Оценка показателей измельчаемости. Теоретическая прочность материала. Реальная прочность. Виды дефектов кристаллической структуры. Вакансии. Дислокации. Свойства материалов, влияющие на процесс измельчения. Основные закономерности процесса тонкого измельчения.	6	10		16
2. Характеристика, принцип действия, особенности конструкции различных мельничных агрегатов.					
	Режимы работы мелющей загрузки шаровой мельницы. Частота и относительная скорость вращения мельницы. Мощность шаровой мельницы. Производительность мельницы. Удельные энергозатраты. Конструктивно-технологические элементы мельниц. Бронефутеровка мельниц (литые бронеплиты). Бронефутеровка из прокатных элементов. Мелющая загрузка и её характеристики. Определение объема шароматериальной загрузки барабанной мельницы. Состав шаровой загрузки. Методы расчета загрузки. Основные факторы, оказывающие влияние на износ мелющих шаров и внутримельничных элементов конструкции. Методика построения диаграммы помола. Измельчение твердого топлива. Схема измельчения угольного топлива. Конструктивные особенности стержневых, валковых и вибрационных мельниц.	5	10		16
3. Измельчение материалов в замкнутом цикле					
	Измельчение в замкнутом цикле. Сепараторы, их виды сепараторов и конструкция.	3	6		12

	Аэродинамический (аспирационный) режим работы мельницы. Температурно-влажностный режим работы мельницы (ТВР).				
4. Современные способы измельчения и помольные установки, способы оптимизации их работы.					
	Конструктивные отличия шаровых и трубных мельниц. Характеристика вертикально-валковой мельницы, принцип действия и конструктивные особенности. Характеристика роллер-пресса. Способы интенсификации работы помольных установок. Особенности влияния поверхностно-активных веществ на измельчение материалов. Сравнительная характеристика вертикально-валковой и трубной шаровой мельниц.	3	8		9
	ВСЕГО	17	34		53

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	Теоретические сведения о процессе измельчения, характеристика измельчаемых материалов.	Рассмотрение режимов работы мелющих тел.	4	6
2	Характеристика, принцип действия, особенности конструкции различных мельничных агрегатов.	Определение степени заполнения и массы мелющих тел для различных типоразмеров шаровых трубных мельниц.	6	6
3	Измельчение материалов в замкнутом цикле	Измельчение в замкнутом цикле. Сепараторы, их виды сепараторов и конструкция. Аэродинамический (аспирационный) режим работы мельницы. Температурно-влажностный режим работы мельницы (ТВР).	12	14

4	Современные способы измельчения и помольные установки, способы оптимизации их работы.	Проведение расчета и анализа производительности шаровых трубных мельниц различных размеров в зависимости. Определение зависимости энергозатрат от дисперсных характеристик материалов до и после измельчения.	12	10
ИТОГО:			34	34

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия не предусмотрены учебным планом.

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ПК-1.** Организует и проводит работу по исследованию технологического процесса производства цемента и использованию современного оборудования

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.3. Организует и проводит исследовательские и экспериментальные работы по освоению новых технологических процессов и оборудования	Экзамен, тестовый контроль

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Теоретические сведения о процессе	1. Теоретические основы измельчения материалов. 2. Способы измельчения твердых тел.

	измельчения, характеристика измельчаемых материалов.	<p>3. Характеристика измельчаемых материалов.</p> <p>4. Кинетика измельчения.</p> <p>5. Размалываемость материала. Взаимодействие частиц в процессе измельчения.</p> <p>6. Оценка показателей измельчаемости.</p> <p>7. Теоретическая прочность материала. Реальная прочность. Виды дефектов кристаллической структуры. Вакансии. Дислокации.</p> <p>8. Свойства материалов, влияющие на процесс измельчения.</p> <p>9. Основные закономерности процесса тонкого измельчения.</p>
2	Характеристика, принцип действия, особенности конструкции различных мельничных агрегатов.	<p>10. Режимы работы мелющей загрузки шаровой мельницы. Частота и относительная скорость вращения мельницы.</p> <p>11. Мощность шаровой мельницы. Производительность мельницы. Удельные энергозатраты.</p> <p>12. Конструктивно-технологические элементы мельниц.</p> <p>13. Бронефутеровка мельниц (литые бронеплиты). Бронефутеровка из прокатных элементов.</p> <p>14. Мелющая загрузка и её характеристики.</p> <p>15. Определение объема шароматериальной загрузки барабанной мельницы.</p> <p>16. Состав шаровой загрузки. Методы расчета загрузки.</p> <p>17. Основные факторы, оказывающие влияние на износ мелющих шаров и внутримельничных элементов конструкции.</p> <p>18. Методика построения диаграммы помола.</p> <p>19. Измельчение твердого топлива. Схема измельчения угольного топлива.</p> <p>20. Конструктивные особенности стержневых, валковых и вибрационных мельниц.</p>
3	Измельчение материалов в замкнутом цикле	<p>21. Измельчение в замкнутом цикле.</p> <p>22. Сепараторы, их виды сепараторов и конструкция.</p> <p>23. Аэродинамический (аспирационный) режим работы мельницы.</p> <p>24. Температурно-влажностный режим работы мельницы (ТВР).</p>
4	Современные способы измельчения и помольные установки, способы оптимизации их работы.	<p>25. Конструктивные отличия шаровых и трубных мельниц.</p> <p>26. Характеристика вертикально-валковой мельницы, принцип действия и конструктивные особенности.</p> <p>27. Характеристика роллер-пресса.</p> <p>28. Способы интенсификации работы помольных установок.</p> <p>29. Особенности влияния поверхностно-активных веществ на измельчение материалов.</p> <p>30. Сравнительная характеристика вертикально-валковой и трубной шаровой мельниц.</p>



### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых контрольных заданий)
1	Теоретические сведения о процессе измельчения, характеристика измельчаемых материалов.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные закономерности процесса измельчения</li> <li>2. Привести основные характеристики измельчаемых материалов.</li> <li>3. Указать основные закономерности измельчения материалов.</li> <li>4. Провести сравнение показателей измельчаемости различных материалов.</li> <li>5. Дать характеристику прочности материала, видам дефектов кристаллической структуры и её характеристикам.</li> <li>6. Свойства материалов, влияющие на процесс измельчения.</li> </ol>
2	Характеристика, принцип действия, особенности конструкции различных мельничных агрегатов.	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Провести расчеты по определению частоты и относительной скорости вращения мельницы, в зависимости от типоразмера мельничного агрегата.</li> <li>8. Определить мощность, производительность и удельные энергозатраты мельницы.</li> <li>9. Охарактеризовать конструктивно-технологические элементы мельниц.</li> <li>10. Мелющая загрузка и её способы расчета.</li> <li>11. Определение объема шароматериальной загрузки барабанной мельницы.</li> <li>12. Состав шаровой загрузки. Методы расчета загрузки.</li> <li>13. Основные факторы, оказывающие влияние на износ мелющих шаров и внутримельничных элементов конструкции.</li> <li>14. Методика построения диаграммы помола.</li> <li>15. Измельчение твердого топлива. Схема измельчения угольного топлива.</li> <li>16. Конструктивные особенности стержневых, валковых и вибрационных мельниц.</li> </ol>
3	Измельчение материалов в замкнутом цикле	<ol style="list-style-type: none"> <li>17. Измельчение в замкнутом цикле.</li> <li>18. Привести характеристики видов и принципы действия, конструкции сепараторов и</li> <li>19. Характеристика аэродинамического (аспирационный) режима работы мельницы.</li> <li>20. Влияние температурно-влажностного режима работы мельницы (ТВР) на процесс измельчения материалов.</li> </ol>
4	Современные способы измельчения и помольные установки, способы оптимизации их работы.	<ol style="list-style-type: none"> <li>21. Провести сравнение характеристик трубных шаровых мельниц с другими мельничными агрегатами.</li> <li>22. Привести способы интенсификации процесса измельчения материалов в различного рода мельницах.</li> </ol>

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знание	Знание терминов, определений, понятий в области процессов измельчения
	Знание основных закономерностей измельчения, принципов действия помольного оборудования
	Знание основного объема информации в дисциплине
	Точность ответов на вопросы
	Полнота изложения и интерпретации знаний
Умение	Анализировать характеристики оборудования и технологического процесса измельчения в целом
	Самостоятельно определять последовательность действий при отклонении показателей работы оборудования от нормальных значений
Навыки	Располагать возможностью проведения и аргументации комплекса мероприятий по оптимизации технологического процесса измельчения материалов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю *Знание*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основную материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов	Не дает ответы на	Дает неполные	Дает ответы на	Дает полные, раз-

на вопросы	большинство вопросов	ответы на все вопросы	вопросы, но не все - полные	вернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умение

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Алгоритм действий	Не знает алгоритма действий при выполнении работ	Знает алгоритм действий, но допускает значительные неточности	Знает алгоритм действий, допускает незначительные неточности	Знает алгоритм действий
Качество исполнения	Задание не выполнено	Задание выполнено полностью, допущены серьезные ошибки при выполнении	Задание выполнено полностью, допущены незначительные ошибки.	Задание выполнено полностью, без ошибок
Самостоятельность	Не может выполнить задание, требуется постоянная помощь в выполнении	Может выполнить задание, но требуется значительная помощь при выполнении некоторых этапов работы	Самостоятельно выполняет все этапы работы, оказывается незначительная помощь в выполнении задания	Полностью самостоятельно выполняет все этапы работы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Постановка цели (профессиональной задачи)	Не может произвести постановку цели и задач для решения проблемы, производит постановку ошибочных целей	Поставленная цель, не полностью отражает проблематику решения проблемы. Цели и задачи не соотносятся между собой	Поставленные цели и задачи соотносятся между собой отражают проблематику решения проблемы, но требуют дополнения.	Поставленные цели и задачи полностью соотносятся между собой и полностью отражают проблематику решения проблемы

Грамотный подбор методик	Не может выбрать необходимую методику для решения задачи	Выбирает малоэффективные для решения задачи методики	Выбирает подходящую методику решения задачи	Выбирает наиболее оптимальную методику решения задачи
Аргументированность выводов и предложенных решений	Не может сформулировать выводы и предложить решение задачи. Предлагает ошибочные формулировки	Формулирует выводы и решения недостаточно точно отражающие цели и задачи	Формулирует выводы и предложения, требующие незначительной корректировки	Формулирует аргументированные выводы и предложения по решению задачи

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы для самостоятельной работы студентов УК № 2, № 212	Специализированная мебель Компьютерный класс Мультимедийный комплекс
2	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### **6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов**

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. - 307 с.
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. Велентеенко. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. - 155 с.
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. Крыхтин Г.С. Интенсификация работы мельниц/ Г.С. Крыхтин, Л.Н. Кузнецов. – Новосибирск: Наука, 1993. – 241 с.
6. Пироцкий В.З. Современные системы измельчения для портландцементного клинкера и добавок: схемы, эффективность, оптимизация. –СПб.: Изд-во ЦПО «Информатизация образования», 2000. –71с.
7. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. –М.: Химия, 1977. – 368 с.
8. 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.

### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. <http://elibrary.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань». <http://e.lanbook.com>.
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/>