

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Оптимизация технологических процессов производства цемента
с применением ЭВМ

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

Направленность программы:
Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химиче-
ской технологии вяжущих материалов

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт: Химико-технологический институт

Кафедра: Технологии цемента и композиционных материалов

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 г. № 923.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: к.т.н., доцент  (А.Г. Новоселов)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » мая 2021 г., протокол № 19

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  (И. Н. Борисов)

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

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  (И. Н. Борисов)

« 14 » мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель  (Л. А. Порожнюк)

1. 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
	ПК-1. Способен планировать и подготавливать технологический процесс производства цемента и других вяжущих материалов с учетом свойств используемых сырьевых компонентов с применением цифровых технологий	ПК-1.5. Применяет современное программное обеспечение для решения задач технологии производства вяжущих и композиционных материалов	<p>Знать: основные методики расчетов технологических параметров основного оборудования и технологического процесса.</p> <p>Уметь: применять прикладные программы для расчета параметров основного технологического оборудования и технологического процесса.</p> <p>Владеть: методами теоретического и экспериментального исследования и применять полученные результаты при оптимизации технологических процессов.</p>
		ПК-1.6. Обеспечивает планирование и проведение мероприятий, направленных на оптимизацию технологического процесса производства цемента	<p>Знать: технологический процесс производства в целом и по отдельным переделам.</p> <p>Уметь: определять способ и возможность оптимизации технологического процесса производства.</p> <p>Владеть: основными способами оптимизации технологического процесса производства.</p>
	ПК-2. Способность обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности	ПК-2.4. Обеспечивает проверку правильности работы технологического и теплотехнического оборудования, соблюдение оптимальных параметров технологического процесса производства вяжущих материалов, производит наладку режима работы технологического оборудования.	<p>Знать: взаимосвязь отдельных параметров и их влияние на технологический процесс отдельного передела и технологической линии в целом.</p> <p>Уметь: оперативно предотвращать возникновение внештатных ситуаций, приводящих к снижению эффективности работы оборудования.</p> <p>Владеть: возможностью максимально использовать ресурсы оборудования.</p>
		ПК-2.8. Оценивает затраты материальных и энергетических ресурсов при производстве цемента, разрабатывает и внедряет мероприятия, направленные на	<p>Знать: основные материально-энергетические потоки технологического процесса.</p> <p>Уметь: характеризовать эффективность работы оборудования на основании технико-эксплуатационных характеристик.</p>

		повышение энерго- и ресурсосбережения производства.	Владеть: теоретической оценкой эффективности технологического процесса при совершенствовании технологического процесса в том числе с точки зрения энерго-и ресурсосбережения.
--	--	---	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-1. Способен планировать и подготавливать технологический процесс производства цемента и других вяжущих материалов с учетом свойств используемых сырьевых компонентов с применением цифровых технологий.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Введение в профессию
2	Учебная ознакомительная практика
3	Механическое оборудование (общий курс)
4	Производственная эксплуатационная практика
5	Технология производства цемента
6	Основы компьютерного проектирования технологического оборудования
7	Применение ЭВМ в технологии композиционных материалов
8	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика
9	Технология вяжущих и композиционных материалов с использованием техногенных продуктов
10	Производственная педагогика
11	Оптимизация технологических процессов производства цемента с применением ЭВМ
12	Управление технологическим процессом производства цемента
13	Энергосбережение в производстве цемента
14	Производственная преддипломная практика

2. Компетенция ПК-2. Способность обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Механическое оборудование (общий курс)
2	Производственная эксплуатационная практика
3	Технология производства цемента
4	Физическая химия силикатов
5	Процессы и аппараты защиты окружающей среды
6	Теория горения топлива и тепловые установки в производстве вяжущих материалов
7	Основы компьютерного проектирования технологического оборудования
8	Химия вяжущих материалов

9	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика
10	Технология вяжущих и композиционных материалов с использованием техногенных продуктов
11	Оптимизация технологических процессов производства цемента с применением ЭВМ
12	Тепломассообмен во вращающихся печах
13	Термодинамика силикатных систем
14	Энергосбережение в производстве цемента
15	Управление технологическим процессом производства цемента
16	Производственная преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	252	252
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	107	107
лекции	34	34
лабораторные	68	68
практические	0	0
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	145	145
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	–	–
Расчетно-графическое задания	18	18
Индивидуальное домашнее задание	–	–
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	91	91
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1 Наименование тем, их содержание и объем
Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Введение					
	Основные переделы цементного производства. Современные технологические схемы производства цемента.	2		4	6
2. Подготовка сырьевых материалов					
	Подготовка сырьевых материалов. Технологические схемы помола сырья. Основные параметры, контролируемые при помоле сырья. Корректировка и гомогенизация сырьевой смеси.	2		8	9
3. Подготовка твердого топлива. Теплообмен в факельном пространстве печи.					
	Схемы подготовки твердого топлива. Оптимизация подготовки твердого топлива. Оптимизация сжигания топлива во вращающейся печи.	4		4	6
4. Кольце- и настывлеобразование в печных системах.					
	Кольца в печах мокрого способа производства. Виды колец, состав, механизм образования. Настыли в печах сухого способа производства. Способы удаления.	2		4	5
5. Нарушение процесса грануляции клинкера					
	Нарушение процесса грануляции клинкера в зоне спекания. Влияние состава сырья, щелочесодержащих примесей, режима обжига на клинкерное пыление.	2		4	6
6. Активность клинкера					
	Влияние состава и свойств сырьевой смеси на активность клинкера.	2		4	6
7. Футеровка вращающейся печи. Розжиг печи					
	Футеровка вращающейся печи. Разделение печи по зонам в зависимости от вида огнеупорного материала. Розжиг печи сухого и мокрого способов производства. График розжига. Розжиг печи с материалом.	4		8	10
8. Управление вращающейся печью					
	Управление вращающейся печью сухого и мокрого способов производства. Основные параметры, необходимые для управления процессом обжига.	4		8	10
9. Оптимизация процесса обжига цементного клинкера. Теория Эйгена					
	Оптимизация процесса обжига цементного клинкера. Теория Эйгена.	2		4	6
10. Использование техногенных материалов при обжиге клинкера					

	Виды техногенных материалов. Использование альтернативных видов топлива на печах сухого способа производства. Современные конструкции горелочных устройств.	2		4	6
11. Клинкерные холодильники					
	Оптимизация работы клинкерных холодильников. Современные холодильники, используемые для охлаждения клинкера.	4		8	10
12. Помол цемента					
	Влияние сепаратора внутренней оснастки шаровой мельницы и межкамерной перегородки на помол цемента и удельный расход электроэнергии. Современные агрегаты, используемые для помола цемента.	4		8	11
	Всего	34		68	91

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № <u>7</u>				
1	Введение	Введение. Знакомство с тренажерным комплексом Simulex. Использование уставок и контроллеров. Система блокировок. Обзор технологической схемы производства.	4	4
2	Подготовка сырьевых материалов	Моделирование измельчения сырьевых компонентов в пресс-валковом измельчителе на тренажерном комплексе Simulex. Основные параметры, контролируемые при пуске, работе и остановке пресс-валкового измельчителя.	8	8
3	Подготовка сырьевых материалов	Моделирование измельчения сырьевых компонентов в тарельчато-валковой мельнице на тренажерном комплексе Simulex. Основные параметры, контролируемые при пуске, работе и остановке тарельчато-валковой мельнице.	8	8
4	Розжиг печи	Моделирование розжига печи сухого способа производства на тренажерном комплексе Simulex. Основные блокировки для процедуры пуска. Основные элементы управления процессом розжига печи. Контролируе-	8	8

		мые параметры при розжиге печи.		
5	Обжиг клинкера. Работа клинкерного холодильника	Моделирование питания печи с одноветвевым циклонным теплообменником на тренажерном комплексе Simulex. Необходимые приготовления перед началом подачи сырьевой муки. Вывод печи на проектную производительность. Основные элементы управления процессом питания печи. Контролируемые параметры при получении клинкера.	12	12
6	Обжиг клинкера. Работа клинкерного холодильника	Моделирование питания печи с двухветвевым циклонным теплообменником на тренажерном комплексе Simulex. Необходимые приготовления перед началом подачи сырьевой муки. Вывод печи на проектную производительность. Основные элементы управления процессом питания печи. Контролируемые параметры при получении клинкера.	12	12
7	Использование технологических материалов при обжиге клинкера	Моделирование обжига клинкера во вращающейся печи с применением альтернативных видов топлива на тренажерном комплексе Simulex. Особенности использования альтернативного топлива. Контролируемые параметры обжига клинкера при использовании альтернативных видов топлива.	8	8
8	Помол цемента	Моделирование помола цемента на тренажерном комплексе Simulex. Технологическая схема помола цемента в шаровой мельнице по замкнутому циклу. Работа сепаратора. Влияние работы сепаратора мельницы на удельную поверхность готового продукта.	8	8
ИТОГО:			68	68

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

4.5. Содержание расчетно-графического задания

На 4 курсе в 7 семестре предусмотрено расчетно-графическое задание, на выполнение которого отведено 18 часов самостоятельной работы студента. Для выполнения расчетно-графического задания выдается индивидуальное задание каждому студенту.

Цель расчетно-графического задания заключается в расчете и определении оптимальных характеристик оборудования с точки зрения энерго-и ресурсопотребления. Каждое расчетно-графическое задание позволяет определить оптимальный режим работы оборудования или групп оборудования, осуществляющих

технологический процесс. Работа состоит из расчетной части (материальный или тепловой баланс, расчет параметров оборудования, подбор оптимального основного оборудования (10–15 стр.)), заключения.

Варианты заданий расчетно-графического задания

1. Определить минимальный удельный расход электроэнергии при двухстадийном измельчении, подобрать размеры и характеристики агрегатов при оптимальной кратности измельчения.

Исходные данные: 1) Вид и размер исходного и конечного материала;
2) Тип оборудования: дробилки, мельницы.

Варианты: 1) Щёковая и молотковая дробилки;
2) Щёковая и ударно-отражательная дробилки;
3) Двухроторные дробилки и шаровая мельница.

2. Определить производительность агрегатов и удельный расход электроэнергии при различных исходном и конечном размерах материалов.

3. Определить производительность мельниц и удельный расход электроэнергии при различном фазовом составе клинкера и вида материала в зависимости от его размолоспособности:

– определить изменение производительности традиционной и модернизированной мельницы и удельного расхода электроэнергии при увеличении размера исходного клинкера на 33,3 % и повышении содержания в нем белинта на 20%;

– определить изменение производительности традиционной и модернизированной мельницы и удельного расхода электроэнергии при увеличении удельной поверхности цемента на 1/3 и 1/2 от исходной;

– определить изменение производительности традиционной и модернизированной мельницы и удельного расхода электроэнергии при увеличении размера исходного клинкера на 66,7 %.

4. Определить ассортимент загрузки, производительность мельниц и удельный расход электроэнергии в зависимости от максимального размера исходного материала для традиционных и модернизированных внутримельничных устройств.

5. Произвести анализ зависимости производительности и удельного расхода электроэнергии от диаметра шаровой мельницы и коэффициента загрузки.

6. Произвести анализ зависимости производительности и удельного расхода тепла при изменении числа ступеней циклонных теплообменников от 2 до 6 для печей сухого способа производства.

7. Произвести анализ зависимости производительности и удельного расхода тепла на обжиг клинкера при изменении КПД холодильника от 0,5 до 0,9 для печей мокрого и сухого способов производства.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-1. Способен планировать и подготавливать технологический процесс производства цемента и других вяжущих материалов с учетом свойств используемых сырьевых компонентов с применением цифровых технологий

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.5. Применяет современное программное обеспечение для решения задач технологии производства вяжущих и композиционных материалов	Защита лабораторных работ, защита РГЗ, экзамен
ПК-1.6. Обеспечивает планирование и проведение мероприятий, направленных на оптимизацию технологического процесса производства цемента	Защита лабораторных работ, защита РГЗ, экзамен

2. Компетенция ПК-2. Способность обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.4. Обеспечивает проверку правильности работы технологического и тепло-технического оборудования, соблюдение оптимальных параметров технологического процесса производства вяжущих материалов, производит наладку режима работы технологического оборудования.	Защита лабораторных работ, защита РГЗ, экзамен
ПК-2.8. Оценивает затраты материальных и энергетических ресурсов при производстве цемента, разрабатывает и внедряет мероприятия, направленные на повышение энерго- и ресурсосбережения производства.	Защита лабораторных работ, защита РГЗ, экзамен

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	Введение.	1. Оптимизация процесса производства цемента. Основные переделы производства цемента. Основные способы производства цемента. Преимущества и недостатки сухого способа. Обобщенная технологическая схема современных способов производства клинкера. 2. Традиционное дробильное отделение твердых сырьевых компонентов низкой влажности. Современные виды дробиль-

		лок, используемые при дроблении твердых сырьевых материалов. Изменение дробильного отделения при использовании таких дробилок.
2	Подготовка сырьевых материалов.	<p>3. Измельчение сырьевых материалов по мокрому способу. Первичное и вторичное измельчение. Схема управления процессом помола шлама в шаровой мельнице домола. Закрытая схема помола шлама.</p> <p>4. Помол сырьевых материалов по сухому способу производства. Схема и основные параметры при помоле сырья в шаровой мельнице. Управление процессом помола сырья в шаровой мельнице. Помол сырья в вертикальной тарельчато-валковой мельнице. Управление процессом помола в тарельчато-валковой мельнице. Основные параметры.</p> <p>5. Помол сырья в роллер-прессе. Основные параметры при помоле сырья в роллер-прессе. Устройство и принцип действия роллер-пресса. Помол сырья в молотковой и шаровой мельнице (система тандем). Особенности технологического процесса при использовании данной схемы.</p> <p>6. Применение и назначение сепараторов. Статический проходной сепаратор, динамический сепаратор с выносными циклонами, динамический ротационный сепаратор. Схемы и принцип действия.</p> <p>7. Корректировка и гомогенизация сырьевой смеси при мокром способе производства. Особенности порционного и поточного способов корректирования. Усреднение сырьевой смеси при сухом способе производства. Этапы усреднения.</p>
3	Подготовка твердого топлива. Теплообмен в факельном пространстве печи.	<p>8. Подготовка топлива к сжиганию в печи. Схемы помола угля. Преимущества и недостатки каждой из схем. Модернизация отдельных узлов при помоле угля на объединенной с печью схеме.</p> <p>9. Теплообмен в факельном пространстве печи. Параметры, влияющие на теплообмен. Оптимизация сжигания топлива во вращающейся печи. Вид, состав и параметры подготовки топлива. Влияние первичного, вторичного, общего воздуха и положения горелки. Регулирование положения факела и зоны спекания.</p> <p>10. Обжиг клинкера. Процессы, протекающие в печи мокрого способа. Основные зоны во вращающейся печи. Физико-химические процессы в присутствии щелочесодержащих соединений.</p> <p>11. Тепловые процессы в печи мокрого способа. Позонные затраты тепла. Процессы в печных системах сухого способа. Затраты тепла при сухом способе производства. Влияние степени очистки циклонов, провалов материала и подсосов холодного воздуха на расход тепла.</p>
4	Кольце- и настylieобразование в печных системах.	<p>12. Образование колец в печах мокрого способа производства. Виды колец, причины образования, состав и способы предотвращения.</p> <p>13. Настыли в теплообменниках сухого способа. Механизм образования настылей. Виды настылей и состав. Причины зарастания теплообменника. Способы предотвращения образования настылей. Признаки закупорки циклона. Необходимые действия в случае закупорки циклонов.</p>
5	Нарушение процесса гра-	14. Нарушение процесса грануляции клинкера в зоне спе-

	нуляции клинкера.	<p>кания. Влияние клинкерного пыления на показатели работы вращающейся печи. Основные причины клинкерного пыления. Влияние состава сырья, щелочесодержащих примесей и состава газовой среды в печи на клинкерное пыление.</p> <p>15. Изменение состава материала по длине печи при различной гранулометрии клинкера. Влияние степени подготовки материала до зоны спекания на клинкерное пыление. Способы устранения клинкерного пыления во вращающейся печи.</p>
6	Активность клинкера.	<p>16. Повышение качества цементного клинкера. Влияние состава и свойств сырьевой смеси на активность клинкера. Влияние крупнокристаллического кварца и двухвалентного железа в сырье. Влияние температуры экзотермических реакций образования C_2S. Влияние шлака ОЭМК как сырьевого компонента на активность клинкера. Повышение активности клинкера при использовании шлака.</p> <p>17. Повышение качества цементного клинкера. Влияние температуры экзотермических реакций образования C_2S. Влияние примесей серы и фосфора в сырье на активность клинкера. Влияние режима обжига на активность клинкера. Влияние положения зоны спекания в печи. Влияние условий сжигания топлива. Влияние условий охлаждения.</p>
7	Футеровка вращающейся печи.	<p>18. Футеровка вращающихся печей мокрого и сухого способов производства. Основные участки, на которые делится футеровка. Кладка огнеупорной футеровки.</p> <p>19. Розжиг печи сухого и мокрого способов производства. График розжига. Розжиг печи с материалом.</p>
8	Управление вращающейся печью.	<p>20. Схема управления вращающейся печью мокрого способа. Подготовка материала в зоне сушки и декарбонизации.</p> <p>21. Схема управления вращающейся печью мокрого способа. Регулирование обжига клинкера в зоне спекания. Стабилизация оптимальных параметров вторичного воздуха. Регулирование сжигания топлива.</p> <p>22. Технологические нарушения и их устранение в работе печи мокрого способа. Снижение степени подготовки материала по длине печи. Колебание слоя материала в печи. Недожог топлива и последствия недожога.</p> <p>23. Управление печью сухого способа. Схема управления печной системой с декарбонизатором. Технологические нарушения в работе печи сухого способа. Регулирование сжигания топлива.</p>
9	Оптимизация процесса обжига цементного клинкера. Теория Эйгена.	<p>24. Теория Эйгена. Задачи оптимизации производства цемента и взаимосвязь отдельных параметров. Теоретические основы экономии топлива. Физическая сущность зависимостей Эйгена.</p>
10	Использование техногенных материалов при обжиге клинкера.	<p>25. Использование техногенных материалов при обжиге клинкера. Виды техногенных материалов. Преимущества использования техногенных материалов. Эффективность использования минеральных техногенных материалов. Применение выгорающих техногенных материалов при сухом способе производства.</p> <p>26. Использование для сжигания альтернативного топлива</p>

		<p>камер сгорания PrePol и Hotdisc. Конструкция и принцип действия. Основные технические характеристики. Преимущества использования камер сгорания.</p> <p>27. Современные многоканальные горелки, используемые во вращающихся печах. Регулирование процесса горения топлива и формы факела. Основные отличия от горелок отечественного производства ГИД и ДВГ.</p>
11	Клинкерные холодильники.	<p>28. Клинкерный колосниковый холодильник типа «Волга». Преимущества и недостатки. Основные характеристики работы. Повышение эффективности работы колосникового холодильника. Современные виды колосниковых холодильников. Особенности конструкции и принцип действия.</p>
12	Помол цемента.	<p>29. Помол цемента. Характеристика цемента и исходных материалов. Тонкость помола цемента. Зависимость удельного расхода электроэнергии от удельной поверхности. Влияние размера исходного материала и размолоспособности клинкерных минералов.</p> <p>30. Помол цемента в шаровой трубной мельнице. Коэффициент загрузки мельницы. Влияние коэффициента загрузки мельницы на расход электроэнергии. Эффективность помола в первой и второй камерах мельницы. Расход электроэнергии при помоле цемента.</p> <p>31. Бронефутеровка в 1-й и 2-й камерах мельницы. Назначение. Межкамерная перегородка мельницы. Назначение. Современная межкамерная перегородка. Особенности конструкции. Основные требования для межкамерных перегородок. Интенсификация помола цемента с применением ПАВ.</p> <p>32. Влияние влаги в мельнице на помол цемента и расход электроэнергии. Варианты ввода воды в мельницу. Влияние температуры среды в мельнице на помол цемента. Аспирация шаровой мельницы. Влияние аспирации на производительность и расход электроэнергии.</p> <p>33. Интенсификация помола цемента путем применения сепаратора. Зависимость кратности циркуляции от удельной поверхности. Схема получение из одного клинкера двух видов цемента.</p> <p>34. Современные схемы помола цемента с использованием тарельчато-валковой мельницы, роллер-пресса. Преимущества этих схем. Сравнительная характеристика работы различных схем помола цемента. Принцип работы мельницы Horomill.</p>

**5.2.2. Перечень контрольных материалов
для защиты курсового проекта/ курсовой работы
Не предусмотрено учебным планом**

5.3. Типовые контрольные задания (материалы)

для текущего контроля в семестре

Вопросы для защиты лабораторных работ и РГЗ

1. Из каких основных стадий состоит технологический процесс производства цемента?
2. Чем отличаются способы производства цемента друг от друга?
3. Чем определяется выбор способа производства цемента?
4. Технологическая схема традиционного мокрого способа производства цемента.
5. Преимущества и недостатки технологической схемы производства цемента по мокрому способу.
6. Технологическая схема сухого способа производства для сырья низкой влажности. Основные преимущества и недостатки.
7. Технологическая схема сухого способа производства для сырья различной влажности. Основные преимущества и недостатки.
8. Технологическая схема сухого способа производства для сырья высокой влажности. Основные преимущества и недостатки.
9. Технологическая схема сухого способа без традиционного сырьевого цеха. Основные преимущества и недостатки.
10. Технологическая схема комбинированного способа производства. Основные преимущества и недостатки.
11. Что такое розжиг печи? Основные этапы розжига печи. Средняя скорость подъема температуры при розжиге. Сколько длится розжиг печи сухого способа? Когда необходимо начинать вращать печь при розжиге? Каким образом осуществляется вращения печи?
12. Что такое розжиг печи? Основные этапы розжига печи. Средняя скорость подъема температуры при розжиге. Что такое потолочный зазор? Какая величина потолочного зазора? Основные контролируемые параметры при розжиге печи.
13. Объединенная с печью схема подготовки твердого топлива. Основные достоинства и недостатки.
14. Независимая от печи схема подготовки твердого топлива. Основные достоинства и недостатки.
15. Схема прямого вдувания твердого топлива. Основные особенности, преимущества и недостатки.
16. Модернизация основных узлов объединенной с печью схемы подготовки твердого топлива.
17. Схема подготовки твердого топлива в тарельчато-валковой мельнице. Особенности, преимущества и недостатки.
18. Основные параметры технологического процесса подготовки твердого топлива при использовании объединенной с печью схемы, независимой от печи схемы и тарельчато-валковой мельницы. Варианты изменения параметров.
19. Факторы, влияющие на процесс горения топлива: скорость вылета топлива из форсунки, угол наклона горелки, температура вторичного воздуха, коэффициент избытка воздуха. Форма и структура рационального и нерационального факела. Как определить, какой факел сформирован: рациональный или нерациональный?
20. Каким образом можно интенсифицировать теплообмен в пламенном пространстве вращающейся печи? От чего зависит температура факела? Каким должен быть оптимальный коэффициент избытка воздуха? Почему?
21. Какие бывают техногенные материалы, используемые при обжиге клинкера? За счет чего происходит экономия топлива при использовании техногенных материалов? Чем определяется эффективность использования техногенных материалов?
22. В чем преимущества использования шлака при обжиге клинкера? На какую величину снижается удельный расход топлива при использовании шлака?
23. Каким образом осуществляется ввод выгорающих техногенных материалов при сухом и мокром способе производства? На какую величину снижается удельный расход топлива при использовании выгорающих техногенных материалов? Какие преимущества обеспечиваются при использовании выгорающих техногенных материалов при мокром способе, кроме сни-

жения расхода топлива?

24. Какое максимальное количество выгорающей добавки может вводиться в шлам? Почему? На какую величину снижается удельный расход топлива при использовании выгорающих техногенных материалов?

25. Преимущества использования камеры сгорания Prepol. Место установки камеры сгорания Prepol.

26. Особенности конструкции камеры сгорания Prepol. Место установки камеры сгорания Prepol.

27. Преимущества использования камеры сгорания Hotdisc. Место установки камеры сгорания Hotdisc.

28. Особенности конструкции камеры сгорания Hotdisc. Место установки камеры сгорания Hotdisc.

Кольца

29. Виды колец в печах мокрого способа производства. Причины образования колец в печи. К чему приводит образование колец в печи?

30. Шламовые кольца. Место образования, состав, причина образования. Способы предотвращения образования шламовых колец. Какое негативное воздействие оказывают шламовые кольца?

31. Шламово-солевые кольца. Место образования, состав, причина образования. Способы предотвращения образования шламово-солевых колец. Какое негативное воздействие оказывают шламово-солевые кольца?

32. Материально-солевые (спурритовые) кольца. Место образования, состав, причина образования. Способы предотвращения образования Материально-солевых колец. Какое негативное воздействие оказывают материально-солевые кольца?

33. Низкоосновные кольца. Место образования, состав, причина образования. Способы предотвращения образования низкоосновных колец. Какое негативное воздействие оказывают низкоосновные кольца?

34. Клинкерные кольца. Место образования, состав, причина образования. Способы предотвращения образования клинкерных колец. Какое негативное воздействие оказывают клинкерные кольца?

35. Настыли в печных системах сухого способа производства. Место образования, состав, причина образования. Какое негативное воздействие оказывают настыли?

36. Способы предотвращения образования настылей. Признаки закупорки циклона.

37. Что такое сушка? В каком случае возможно осуществление сушки материала? Виды сушки материалов. Какой вид теплообмена присутствует при сушке материалов? От чего зависит режим сушки?

38. Классификация сушильных установок.

39. Сушильный барабан. Особенности конструкции сушильного барабана. Схемы прямого и противоточного сушильных барабанов. Преимущества и недостатки сушильного барабана.

40. Основные пересыпные устройства, используемые в сушильных барабанах. Чем обусловлен выбор вида пересыпного устройства?

41. Вихревая (камерная) сушилка. Особенности конструкции, принцип действия, преимущества и недостатки.

42. Сушилка взвешенного слоя. Особенности конструкции, принцип действия, преимущества и недостатки.

43. Трехходовая барабанная сушилка. Особенности конструкции, принцип действия, преимущества и недостатки.

44. Топка с холодными стенками и генератор горячего газа. Особенности конструкции, принцип действия, преимущества и недостатки.

45. Что такое клинкерное пыление? К чему приводит клинкерное пыление? Основные причины возникновения клинкерного пыления.

46. Влияние состава сырья по основным оксидам и модулям на клинкерное пыление. Влияние щелочесодержащих примесей на клинкерное пыление. Способы предотвращения

клинкерного пыления.

47. Влияние газовой среды (окислительной, восстановительной, нейтральной) в печи на клинкерное пыление. Способы предотвращения клинкерного пыления.

48. Влияние режима горения топлива и формы факела на возникновение клинкерного пыления. Каким образом образуется клинкерная пыль? Каким образом можно устранить клинкерное пыление за счет изменения режима горения топлива?

49. Изменение активности клинкера по длине печи при клинкерном пылении и грануляции. С чем связано изменение активности клинкера при клинкерном пылении и грануляции?

50. Влияние клинкерного пыления на параметры работы колосникового холодильника: КПД холодильника, объем и энтальпия вторичного воздуха, температура и энтальпия избыточного воздуха, температура клинкера на выходе из холодильника.

51. Способы устранения клинкерного пыления.

52. Схема управления вращающейся печью мокрого способа производства. Основные контролируемые параметры и рычаги управления параметрами.

53. Подготовка материала в зоне сушки. Основные параметры, на которые в первую очередь необходимо обращать внимание при подготовке материала в зоне сушки. Взаимосвязь этих параметров друг с другом.

54. Подготовка материала в зоне декарбонизации. Основные параметры, на которые в первую очередь необходимо обращать внимание при подготовке материала в зоне декарбонизации. Взаимосвязь этих параметров друг с другом. Что такое расчетное значение CO_2 ? Для чего нужно и что показывает?

55. Регулировка обжига клинкера в зоне спекания. Визуальная оценка состояния зоны спекания материала. Почему при подходе большего количества материала наблюдается небольшой перегрев зоны спекания?

56. Влияние энтальпии вторичного воздуха на режим работы вращающейся печи мокрого способа. Основные параметры, на которые в первую очередь необходимо обращать внимание при работе клинкерного холодильника. Каким образом осуществляется регулирование этих параметров?

57. Колебание слоя материала в печи мокрого способа. К чему приводит колебание слоя материала? Зависимость скорости движения материала по печи от расхода топлива. Что нужно делать для того, чтобы избежать негативных последствий, вызванных колебанием слоя материала в печи.

58. Технологические нарушения в работе печи сухого способа производства. Предотвращение технологических нарушений в работе печи сухого способа. Признаки закупорки циклонов.

59. Задачи оптимизации процесса обжига цементного клинкера. Основные зависимости между параметрами работы печи. Что является критерием оптимизации?

60. Зависимость производительности печи, стойкости футеровки, качества клинкера, пылеуноса от удельного расхода тепла.

61. Потери тепла побочной и главной тепловой системами. Что такое коэффициент теплопотерь, каким образом он изменяется по длине печи? Основной вывод положения Эйгена.

62. Что такое коэффициент теплопотерь, каким образом он изменяется по длине печи? В чем заключается физическая сущность зависимостей Эйгена?

63. Влияние подсосов холодного воздуха в горячей части печи на расход топлива. Что влияет на количество подсосов воздуха? Как изменяется температура факела и лучистый теплообмен при наличии подсосов воздуха в горячей части печи?

64. Назначение клинкерных холодильников. Критерии оценки эффективности работы холодильников. Тепловой КПД холодильника.

65. Какой вид теплообмена присутствует в клинкерном холодильнике? Основные типы клинкерных холодильников.

66. Барабанный клинкерный холодильник. Размеры, особенности конструкции и основные параметры работы барабанных холодильников. Преимущества и недостатки барабанных холодильников.

67. Традиционные и удлиненные рекуператорные клинкерные холодильники. Размеры,

особенности конструкции и основные параметры работы рекуператорных холодильников. Преимущества и недостатки рекуператорных холодильников.

68. Шахтные холодильники, холодильники с конвейерной решеткой и холодильники с решеткой вибрационного действия. Особенности конструкции и основные параметры работы данных типов клинкерных холодильников.

69. Колосниковый холодильник типа «Волга». Особенности конструкции и основные параметры работы холодильника.

70. Основные недостатки холодильника «Волга», снижающие эффективность его работы, и способы их устранения.

71. Модернизация колосникового холодильника «Волга». Для чего следует увеличивать высоту слоя клинкера на холодной решетке? Основные параметры работы холодильника после модернизации.

72. Современные клинкерные холодильники. Типы современных холодильников. Особенности конструкции колосниковой решетки. Основные параметры работы современных клинкерных холодильников.

73. Какие типы дробилок устанавливаются на современных клинкерных холодильниках? В каком месте устанавливаются дробилки клинкера? Особенности конструкции и работы валковой клинкерной дробилки.

74. Основные преимущества использования валковой дробилки клинкера по сравнению с молотковой.

75. Что такое критическая и оптимальная частота вращения мельницы? Чему равны критическая и оптимальная частоты вращения? От чего зависит угол подъема материала?

76. Какую роль выполняет межкамерная перегородка в традиционной и модернизированной мельнице? Почему уменьшается длина первой камеры в модернизированной мельнице?

77. Какая футеровка применяется в традиционной и модернизированной мельницах? Какой коэффициент загрузки I и II камер модернизированной мельницы? Какую роль выполняет межкамерная перегородка в традиционной и модернизированной мельнице?

78. Какой КПД процесса измельчения в шаровой мельнице? На что расходуется энергия, затрачиваемая при помоле цемента? Каким образом определяется эффективность помола цемента в шаровой мельнице? Что влияет на эффективность помола цемента? Для чего нужна диаграмма помола?

79. Для чего подается вода в первую и вторую камеры мельницы? Какое количество воды подается в шаровую мельницу? Каким образом температура среды в мельнице влияет на удельный расход электроэнергии?

80. Что такое аспирация шаровой мельницы? Для чего нужна аспирация мельницы? Каким образом аспирация мельницы влияет на производительность и удельный расход электроэнергии? Какой должна быть скорость газового потока в шаровой мельнице?

81. Преимущества использования сепаратора при помоле цемента в шаровой мельнице. Получение двух видов цемента из одного клинкера при применении сепаратора.

82. Какое оборудование может использоваться для помола цемента вместо шаровых мельниц. Основные преимущества использования современного оборудования.

83. Особенности конструкции мельницы Hорomill. Принцип действия. Для помола каких материалов может быть использована мельница Hорomill? Основные преимущества.

84. Особенности конструкции вертикальной тарельчато-шаровой мельницы. Принцип действия. Для помола каких материалов может быть использована вертикальная тарельчато-шаровая мельница? Основные преимущества.

85. Влияние крупнокристаллического кварца и двухвалентного железа в сырье на активность клинкера.

86. Влияние температуры экзотермических реакций образования C_2S на активность клинкера. Влияние шлака ОЭМК как сырьевого компонента на активность клинкера.

87. Повышение активности клинкера при использовании шлака. Получение двухклинкерного смешенного цемента.

88. Влияние примесей серы и фосфора в сырье на активность клинкера.

89. Влияние положения зоны спекания в печи на активность клинкера. Влияние усло-

вий сжигания топлива на активность клинкера.

90. Влияние условий охлаждения на активность клинкера.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы 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
Знания	Основные стадии технологического процесса производства цемента, принцип работы основного технологического оборудования, возможности оптимизации технологического процесса для обеспечения экономия топливно-энергетических и материальных ресурсов. Знание терминологии. Объем освоенного материала. Полнота ответов на вопросы. Четкость изложения и интерпретации знаний.
Умения	Анализировать ход технологического процесса производства цемента на основании технологических параметров. Осуществлять технологические расчеты и применять результаты расчетов к конкретному технологическому процессу. Четко обосновывать зависимость между параметрами и влияния их на технологический процесс производства.
Навыки	Владеть методами расчетов основных технологических параметров и характеристик технологического оборудования, сырьевых смесей и клинкера. Владеть методами теоретического и экспериментального исследования и применять полученные результаты при оптимизации технологических процессов.

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

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Основные стадии технологического процесса производства цемента, принцип работы основного технологического оборудования, возможности оптимизации технологического процесса для обеспечения экономия топливно-	Не знает стадий технологического процесса производства, принцип действия основного технологического оборудования, возможности оптимизации технологического процесса для обеспечения экономия топливно-энергетических и материальных ресурсов.	Знает стадии технологического процесса производства. Принцип работы основного технологического оборудования знает не полностью, при ответе допускает ошибки и неточности. С подсказками и наводящими вопросами может поверхностно объяснить воз-	Знает стадии технологического процесса производства, принцип работы основного технологического оборудования, варианты оптимизации технологического процесса для обеспечения экономия топливно-энергетических	Знает стадии технологического процесса производства, принцип работы основного технологического оборудования, варианты оптимизации технологического процесса для обеспечения экономия топливно-энергетических и материальных ресурсов. Отвечает

энергетических и материальных ресурсов.		возможности оптимизации технологического процесса.	и материальных ресурсов. При ответе делает незначительные ошибки.	четко, без ошибок.
Знание терминологии.	Терминологию не знает	Знает только основные термины	Знает терминологию, но путается в мелочах	Знает терминологию
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 на вопросы.	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все полные	Дает полные, развернутые 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 Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Анализ хода технологического процесса производства цемента на основании технологических параметров.	Не умеет анализировать ход технологического процесса производства цемента на основании технологических параметров.	Умеет анализировать ход технологического процесса производства цемента на основании технологических параметров, но делает серьезные ошибки	Умеет анализировать ход технологического процесса производства цемента на основании технологических параметров, делает незначительные ошибки	Умеет анализировать ход технологического процесса производства цемента на основании технологических параметров.
Осуществление технологических расчетов и применение результатов расчетов к конкретному технологическому процессу.	Не может произвести технологические расчеты и не применить полученные результаты к технологическому процессу.	Умеет произвести технологические расчеты с подсказками и наводящими вопросами. Не может применить результаты расчетов к технологическому процессу.	Умеет произвести технологические расчеты. Может применить результаты расчетов к технологическому процессу. Делает незначительные	Умеет произвести технологические расчеты. Может применить результаты расчетов к технологическому процессу.

		скому процессу.	ошибки	
Четкое обоснование зависимости между параметрами и влияния их на технологический процесс производства.	Не умеет обосновывать зависимость между параметрами технологического процесса. Путаётся в значениях параметров.	Знает основные параметры технологического процесса. Частично умеет обосновывать зависимость между параметрами технологического процесса. Делает ошибки.	Знает основные параметры технологического процесса. Умеет обосновывать зависимость между параметрами технологического процесса. Делает незначительные ошибки.	Знает основные параметры технологического процесса. Умеет обосновывать зависимость между параметрами технологического процесса.

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть методами расчетов основных технологических параметров и характеристик технологического оборудования, сырьевых смесей и клинкера.	Не владеет методами расчетов основных технологических параметров и характеристик технологического оборудования, сырьевых смесей и клинкера.	Владеет методами расчетов основных технологических параметров и характеристик технологического оборудования, сырьевых смесей и клинкера, но делает серьезные ошибки	Владеет методами расчетов основных технологических параметров и характеристик технологического оборудования, сырьевых смесей и клинкера, но допускает незначительные ошибки	Владеет методами расчетов основных технологических параметров и характеристик технологического оборудования, сырьевых смесей и клинкера.
Владеть методами теоретического и экспериментального исследования и применять полученные результаты при оптимизации технологических процессов.	Не владеет методами теоретического и экспериментального исследования и не может применять полученные результаты при оптимизации технологических процессов.	Владеет методами теоретического и экспериментального исследования, но допускает ошибки. Может применять полученные результаты при оптимизации технологических процессов только при постановке дополнительных наводящих вопросов.	Владеет методами теоретического и экспериментального исследования и может применять полученные результаты при оптимизации технологических процессов. Делает незначительные ошибки.	Владеет методами теоретического и экспериментального исследования и может применять полученные результаты при оптимизации технологических процессов.

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	Зал курсового и дипломного проектирования и учебная аудитория для проведения лекционных занятий УК №2, № 103	Специализированная мебель Мультимедийный комплекс.
2	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий УК № 2, № 118	Специализированная мебель Мультимедийный комплекс

		Тренажерный комплекс Simulex
3	Учебная аудитория для самостоятельной работы студентов УК № 2, № 212	Специализированная мебель Компьютерный класс Мультимедийный комплекс
4	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	Тренажерный комплекс Simulex	Договор безвозмездного пользования оборудованием от 27 декабря 2010 г

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента (учебное пособие). – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2012. – 308 с.

2. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов (учебное пособие). – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2004. – Ч. 1. – 240 с.; Ч. 2 – 198 с.

3. Классен В.К., Новоселов А.Г., Долгова Е.П., Новоселова И.Н. Оптимизация технологических процессов: методические указания к выполнению курсовой работы. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017 [<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2018062212284360000000658470>].

4. Классен В.К., Новоселов А.Г., Борисов И.Н., Коновалов В.М. Практика на предприятиях цементной промышленности: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016 [<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2016092311545738400000654884>].

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/>