

**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**

**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  
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., доцент \_\_\_\_\_ (А.Г. Новоселов)  
(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 «Оптимизация технологических процессов производства цемента с применением ЭВМ» направление подготовки: 18.03.02 «Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль 18.03.02-01 «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химической технологии вяжущих материалов».

Учебная дисциплина «Оптимизация технологических процессов производства цемента с применением ЭВМ» преподается в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова на кафедре «Технологии цемента и композиционных материалов» (автор доцент, к.т.н. Новоселов А.Г.). Объем учебной дисциплины: 8 зачетных единиц, 288 часов. Дисциплина включает 34 часа лекционных занятий, 68 часов практических занятий и курсовую работу. В качестве формы промежуточной аттестации предусмотрен экзамен.

Изучение дисциплины базируется на знании дисциплины «Технология производства цемента». Программой дисциплины предусмотрено изучение теоретических основ управления технологическим процессом производства цемента, которое охватывает практически весь спектр основного современного оборудования. Большую роль в процессе изучения дисциплины играет тренажерный комплекс Simulex, который активно используется при проведении практических занятий. На тренажерном комплексе Simulex отрабатываются навыки по последовательности запуска определенного оборудования, основам управления технологического процесса и устранения возникающих нарушений.

Лекционный материал преподносится студентом в виде презентаций, на которых представлены технологические схемы переделов производства, графики зависимостей, таблицы, рисунки и т. д. Тематика курсовых проектов полностью соответствует профилю дисциплины и отражает энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии производства вяжущих материалов.

Дисциплина обеспечена учебной литературой всех видов занятий. Кафедра ТЦКМ имеет достаточную базу для проведения занятий, компьютерный класс с тренажерным комплексом Simulex и соответствующими программами по расчету состава сырьевых смесей, тепловых балансов вращающихся печей, комплект модельных установок и оборудования заводов по производству вяжущих материалов.

Рабочая программа учебной дисциплины «Оптимизация технологических процессов производства цемента с применением ЭВМ» 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 18.03.02-01 «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химической технологии вяжущих материалов» и позволяет студентам в полной мере овладеть общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями.

Директор по производству ООО «Азия Цемент»

Директор по производству  
Цементного завода  
ООО «Азия Цемент»  
(В.И. Борщ)  
М.П.  
20\_\_ г.



## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Профессиональные</b>			
1	ПК-3	Способность использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз данных для расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> основные методики расчетов технологических параметров основного оборудования и технологического процесса.</p> <p><b>Уметь:</b> применять прикладные программы для расчета параметров основного технологического оборудования и технологического процесса.</p> <p><b>Владеть:</b> методами теоретического и экспериментального исследования и применять полученные результаты при оптимизации технологических процессов.</p>
2	ПК-5	Готовность 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> взаимосвязь отдельных параметров и их влияние на технологический процесс отдельного передела и технологической линии в целом.</p> <p><b>Уметь:</b> оперативно предотвращать возникновение внештатных ситуаций, приводящих к снижению эффективности работы оборудования.</p> <p><b>Владеть:</b> возможностью максимально использовать ресурсы оборудования.</p>
3	ПК-8	Способность использовать элементы эколого-экономического анализа в создании энерго-и ресурсосберегающих технологий	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> технологический процесс производства в целом и по отдельным переделам.</p> <p><b>Уметь:</b> характеризовать эффективность работы оборудования на основании технико-эксплуатационных характеристик.</p> <p><b>Владеть:</b> теоретической оценкой эколого-экономической эффективности технологического процесса при создании энерго-и ресурсосберегающих технологий.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Инженерная графика
2	Прикладная механика
3	Моделирование энерго-и ресурсосберегающих процессов производства силикатных материалов
4	Производственная практика
5	Технология производства цемента

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Управление технологическим процессом производства цемента
2	
3	

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единиц, 288 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	288
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	102	102
лекции	34	34
лабораторные	68	68
практические	0	0
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	186	186
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задания	–	–
Индивидуальное домашнее задание	–	–
Другие виды самостоятельной работы	114	114
Форма промежуточная аттестация (зачет, 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
<b>1. Введение</b>					
	Основные переделы цементного производства. Современные технологические схемы производства цемента.	2		4	8
<b>2. Подготовка сырьевых материалов</b>					
	Подготовка сырьевых материалов. Технологические схемы помола сырья. Основные параметры, контролируемые при помоле сырья. Корректировка и гомогенизация сырьевой смеси.	2		8	10
<b>3. Подготовка твердого топлива. Теплообмен в факельном пространстве печи.</b>					
	Схемы подготовки твердого топлива. Оптимизация подготовки твердого топлива. Оптимизация сжигания топлива во вращающейся печи.	4		4	8
<b>4. Кольце- и насталеобразование в печных системах.</b>					
	Кольца в печах мокрого способа производства. Виды колец, состав, механизм образования. Настыли в печах сухого способа производства. Способы удаления.	2		4	8
<b>5. Нарушение процесса грануляции клинкера</b>					
	Нарушение процесса грануляции клинкера в зоне спекания. Влияние состава сырья, щелочесодержащих примесей, режима обжига на клинкерное пыление.	2		4	8
<b>6. Активность клинкера</b>					
	Влияние состава и свойств сырьевой смеси на активность клинкера.	2		4	8
<b>7. Футеровка вращающейся печи. Розжиг печи</b>					
	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	12
<b>8. Управление вращающейся печью</b>					
	Управление вращающейся печью сухого и мокрого способов производства. Основные параметры, необходимые для управления процессом обжига.	4		8	12
<b>9. Оптимизация процесса обжига цементного клинкера. Теория Эйгена</b>					
	Оптимизация процесса обжига цементного клинкера. Теория Эйгена.	2		4	8
<b>10. Использование техногенных материалов при обжиге клинкера</b>					

	Виды техногенных материалов. Использование альтернативных видов топлива на печах сухого способа производства. Современные конструкции горелочных устройств.	2		4	8
11. Клинкерные холодильники					
	Оптимизация работы клинкерных холодильников. Современные холодильники, используемые для охлаждения клинкера.	4		8	12
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	12
	Всего	34		68	114

#### 4.2. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
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. Контролируемые параметры при розжиге печи.	8	8
5	Обжиг клинкера. Работа клинкерного холодильника	Моделирование питания печи с одновальным циклонным теплообменником на тренажерном комплексе Simulex. Необходимые приготовления перед началом подачи сырьевой муки. Вывод печи на	12	12

		проектную производительность. Основные элементы управления процессом питания печи. Контролируемые параметры при получении клинкера.		
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

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

### **5.1. Перечень контрольных вопросов (текущий контроль)**

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 обеспечивают при использовании выгорающих техногенных материалов при мокром способе, кроме снижения 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. Спосо-

бы 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 противотоного 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.

ции. Взаимосвязь этих параметров друг с другом. Что такое расчетное значение CO<sub>2</sub>? 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 Horomill. Принцип действия. Для помола каких материалов может быть использована мельница Horomill? 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<sub>2</sub>S на активность клинкера. Влияние шлака ОЭМК как сырьевого компонента на активность клинкера.

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

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

89. Влияние положения зоны спекания в печи на активность клинкера. Влияние условий сжигания топлива на активность клинкера.

90. Влияние условий охлаждения на активность клинкера.

## 5.2. Перечень контрольных вопросов (промежуточный контроль)

№ 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 дробилок, используемые при дроблении твердых сырьевых материалов. Изменение дробильного отделения при использовании таких дробилок.
2	Подготовка сырьевых ма-	3. Измельчение сырьевых материалов по мокрому спосо-

	териалов.	<p>бу. 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 настыеобразовании 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 грануляции клинкера.	<p>14. Нарушение процесса грануляции клинкера в зоне спекания. 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</p>

		<p>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 <math>C_2S</math>. 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 <math>C_2S</math>. 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 камер сгорания PrePol и Hotdisc. Конструкция и принцип действия. Основные технические характеристики. Преимущества использования камер сгорания.</p> <p>27. Современные многоканальные горелки, используемые</p>

		во вращающихся печах. Регулирование процесса горения топлива и формы факела. Основные отличия от горелок отечественного производства ГИД и ДВГ.
11	Клинкерные холодильники.	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.
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 получения 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>

Пример экзаменационного билета  
**БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА**  
 Институт строительного материаловедения и техносферной безопасности  
 Кафедра «Технология цемента и композиционных материалов»

Дисциплина «Оптимизация технологических процессов производства цемента  
 с применением ЭВМ»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №14**

1. Нарушение процесса грануляции клинкера в зоне спекания. 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.

2. Современные схемы помола цемента с использованием тарельчато-валковой мельницы, роллер-пресса. Преимущества и недостатки этих схем. Принцип и основные особенности работы мельницы Horomill. Основные преимущества использования этой мельницы.

Одобрено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол №\_\_  
Зав. кафедрой ТЦКМ \_\_\_\_\_ (Борисов И.Н.)

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

На 4 курсе в 7 семестре предусмотрена курсовая работа, на выполнение которой отведено 36 часов самостоятельной работы студента. Для выполнения курсовой работы выдается индивидуальное задание каждому студенту.

Цель курсовой работы заключается в расчете и определении оптимальных характеристик оборудования с точки зрения энерго-и ресурсопотребления. Каждая курсовая работа позволяет определить оптимальный режим работы оборудования или групп оборудования, осуществляющих технологический процесс. Работа состоит из введения, теоретической части (8–10 стр.), расчетной части (материальный или тепловой баланс, расчет параметров оборудования, подбор оптимального основного оборудования (10–15 стр.)), заключение.

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 белита 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.

## 5.4. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

РГЗ и ИДЗ не предусмотрены

## 5.5. Перечень контрольных работ

В процессе освоения курса предусмотрены две контрольные работы. Перечень вопросов для контрольных работ приводится в пункте 5.1.

## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. Перечень основной литературы

#### Основная литература

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., Ермоленко Е.П. Энергосбережение в технологии цемента: методические указания к выполнению курсовой работы. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. 54 с.

### 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Трубаев П.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов производства строительных материалов. Ч. 1. Методы математического моделирования и оптимизации: Учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1999. –178 с.
2. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ (учебное пособие). – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
3. Закгейм А. Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. – М.: Химия, 1982. – 288 с.
4. Дуда В. Цемент. Ч.2. Электрооборудование и автоматизация. – М.: Стройиздат, 1981. – 374 с.
5. Классен В.К. Материальный баланс завода. Теплотехнические расчеты тепловых агрегатов: методические указания к дипломному и курсовому проектированию / В.К. Классен. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. – 104 с.

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Сборник нормативных документов «СтройКонсультант» [www.snip.ru](http://www.snip.ru) - Доступ осуществляется в зале электронных ресурсов НТБ (к.302).
2. Электронный читальный зал <https://elib.bstu.ru/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [elibrary.ru](http://elibrary.ru)

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

Для проведения лекционных занятий используется аудитория, оснащенная мультимедийным комплексом. Для проведения лабораторных занятий используется тренажерный комплекс Simulex.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2016 /2017 учебный год.

### 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 6.1. Перечень основной литературы

##### Основная литература

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., Ермоленко Е.П. Энергосбережение в технологии цемента: методические указания к выполнению курсовой работы. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. 54 с.
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>].

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 с изменениями, дополнениями утверждена на 2017 /2018 учебный год.

### 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 6.1. Перечень основной литературы

##### Основная литература

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>].

Протокол № 2 заседания кафедры от «7 » сентября 2017 г.

Заведующий кафедрой

Директор института



Борисов И. Н.

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.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ Павленко В.И.  
подпись, ФИО

## ПРИЛОЖЕНИЯ

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

Курс представляет собой неотъемлемую часть подготовки бакалавров по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и профилю подготовки «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химической технологии вяжущих материалов».

Задачи дисциплины – организация производственного контроля технологического процесса путем выявления взаимосвязей технологических параметров и степени их влияния друг на друга.

Целью изучения курса является освоение основных параметров управления для решения задач энерго- и ресурсосбережения при оптимизации технологических процессов.

Студент должен знать:

- содержание изучаемой специальности;
- значение отдельных дисциплин для освоения специальностью и квалификацией бакалавра;

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

- использовать прикладные программы для технологических расчетов, статистической обработки, математического моделирования;
- оценивать затраты материальных и энергетических ресурсов в строительной индустрии и других отраслях народного хозяйства с использованием стандартного программного обеспечения;
- применять ЭВМ для подготовки научно-технических отчетов и аналитических обзоров, публикаций научных результатов;
- использовать системы управления процессами и производством при осуществлении производственного контроля и управлении качеством продукции;
- участвовать в разработке систем управления технологических процессов.

Занятия проводятся в виде лекций и практических занятий. Большое значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов и выполнение ими курсовой работы. На практических занятиях студенты приобретают умения и навыки обработки и анализа полученных экспериментальных данных, а также управления производственным процессом путем экспериментального установления взаимосвязей технологических параметров на тренажерном комплексе Simulex.

После изучения курса студент должен иметь представление о возможностях использования ЭВМ при энергосбережении в производстве строительных материалов и уметь их использовать при оптимизации технологических процессов.

Распределение материала дисциплины по темам и требования к ее освоению содержатся в Рабочей программе дисциплины, которая определяет содержание и особенности изучения курса.

Формы контроля знаний – текущий и промежуточный контроль. Форма контроля самостоятельной работы студента – курсовая работа. Форма промежуточного контроля полученных знаний – экзамен.

Знание курса необходимо для успешного изучения последующих специальных дисциплин, а в дальнейшем – для успешной творческой деятельности в области энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Исходный этап изучения курса **«Оптимизация технологических процессов производства цемента с применением ЭВМ»** 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.

В учебниках и учебных пособиях, представленных в списке рекомендуемой литературы, содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные термины и понятия, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом. Для более глубокого изучения проблем курса необходимо ознакомиться с публикациями в периодических технических изданиях. Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

Для обеспечения систематического контроля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и учебных пособиях и методических указаниях. 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.