

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г.Шухова)**

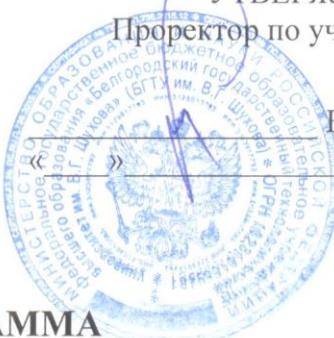
СОГЛАСОВАНО

Директор института магистратуры


И.В. Ярмоленко
«__» ____ 20__ г.


УТВЕРЖДЕНО

Проректор по учебной работе


В.М.Поляков
«__» ____ 20__ г.


ПРОГРАММА

вступительного испытания для поступающих в магистратуру

по направлению 18.04.01 «Химическая технология»

по образовательной программе «Химическая технология вяжущих и композиционных
материалов»

Институт: **ХТИ**

Выпускающая кафедра: **ТЦКМ**

Белгород 2018 г.

Программа составлена на основе ФГОС ВО направления

18.04.01 Химическая технология

и содержит перечень вопросов по дисциплинам базовой части профессионального цикла подготовки бакалавров, содержащихся в задании вступительного испытания в магистратуру по направлению 18.04.01 Химическая технология образовательной программе **Химическая технология вяжущих и композиционных материалов**

Составители:


_____ / Борисов И. Н. /
подпись


_____ / Кудеярова Н. П. /
подпись

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию на заседании выпускающей кафедры ТЦКМ протокол № 4 от « 28 » сентября 2018 г.

Руководитель ООП магистратуры


_____ / Борисов И. Н. /
подпись

Зав. кафедрой ТЦКМ


_____ / Борисов И. Н. /
подпись

1. СОСТАВ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН, ВКЛЮЧЕННЫХ В ПРОГРАММУ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ

- 1.1. Оптимизация технологического процесса производства цемента
- 1.2. Технология вяжущих и композиционных материалов
- 1.3. Химическая технология вяжущих материалов

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН

2.1. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА

Перечень вопросов

1. Измельчение материалов в производстве цемента. Схема и принцип работы дробилок: щековых, конусных, молотковых, валковых, ударноотражательных, ударновалковых. Эксплуатационные параметры: производительность, кратность дробления, удельный расход электроэнергии, КПД. Подбор типа дробилок и оптимальных схем измельчения в зависимости от характеристики материала: размеры исходных кусков, твердости, хрупкости, пластичности, влажности. Технологические осложнения и вероятные нарушения в работе дробильной фабрики, способы их предупреждения и устранения. Принцип управления дробильной фабрикой, измерительные и дозирующие устройства. Новые способы грубого измельчения материала.
2. Основные закономерности работы шаровых мельниц. Конструктивные способы интенсификации помола материалов: оптимальная частота вращения, роль коэффициента и ассортимента загрузки, виды мелющих тел, бронебит и межкамерных перегородок,
3. Тонкое измельчение сырьевого шлама. Схемы агрегаты для помола и размучивания материала: шаровые мельницы, гидрофол, балтушки. Применение классификаторов при замкнутой схеме помола, интенсификаторов и разжижителей шлама. Измерительная аппаратура и дозирующие устройства. Основы управления и оптимизации шаровой мельницы.
4. Помол сырья при сухом способе производства. Схемы одновременного помола и сушки материала. Применение различных типов мельниц: шаровых, самоизмельчения (аэрофол), тарельчато-валковых, молотковых (шахтных). Сепараторы и циклоны, принципы работы. Параметры работы системы: температурный и аэродинамический режимы тракта. Основы управления и оптимизация системы помола сырья замкнутого цикла.
5. Сушка различных материалов в технологии цемента. Барабанные сушилки, в каких случаях применяется прямоток и противоток? Виды теплообменных элементов. Сушилки взвешенного слоя. Топки для получения сушильного агента с заданными параметрами. Схема помола и сушки материала с использованием молотковой мельницы, параметры работы.
6. Усреднение и корректирование сырьевой смеси. Требования к сырьевой смеси по оксидному составу и модульным характеристикам, допустимые отклонения. Методы корректирования при сухом и мокром способах производства. Способы подготовки представительной пробы и методы экспрессного анализа. Усреднительные склады и силоса при сухом способе производства. Измерительные и дозирующие устройства.
7. Помол цемента. Шаровые трубные мельницы с традиционными и модернизированными внутримельничными устройствами, параметры их работы. Роль свойств измельчаемого материала, аспирации мельницы, температуры цемента, влажности среды. Замкнутые схемы помола, типы сепараторов и эффективность их применения особенно при помоле смешанных и высокопрочных цементов. Получение из одного клинкера два вида цемента.

Основы управления и оптимизации работы мельницы. Новые агрегаты для помола цемента: пресс-валковые измельчители, многобарабанные и планетарные мельницы.

8. Обжиг цементного клинкера. Схема и устройство вращающейся печи мокрого способа производства, основные агрегаты, движение материальных и газовых потоков, режимные параметры системы. Расположение технологических зон в печи, физико-химические и теплотехнические процессы, протекающие в отдельных зонах. Зависимость энтальпии реакций от температуры, использование при расчёте закона Гесса. Выражение теплоты в кДж, ккал и килограммах условного топлива (кут), соотношение между этими величинами.

9. Печи сухого способа производства с циклонными теплообменниками. Современные печи с запечными декарбонизаторами. Схема материальных, газовых и воздушных потоков. Распределение топлива между печью и декарбонизатором. Принципиальные схемы и оборудование. Рациональное количество ступеней циклонных теплообменников в зависимости от исходной влажности сырья. Новые типы циклонов с низким аэродинамическим сопротивлением. Комбинированный способ обжига цементного клинкера: полумокрый и полусухой. Схема цементного завода без сырьевого цеха.

10. Оптимизация работы цементных вращающихся печей, основной критерий оптимизации. Связь между производительностью, стойкостью футеровки, качеством клинкера, пылеуносом из печи и удельным расходом топлива. Основные расходные статьи теплового баланса печи, способы расчета и значения. Пути экономии топлива при обжиге цементного клинкера. Роль потерь тепла в горячей части печи с учетом работ Эйгена. Вывод уравнения Эйгена. Коэффициент теплопотерь, его изменение по длине печи и зависимость от вида топлива и избытка воздуха. Физическая сущность уравнения Эйгена. Пути снижения тепла в горячей части печи.

11. Клинкерные холодильники. Схема и параметры работы, распределение воздуха по колосниковому холодильнику, роль острого и общего дутья, межкамерных перегородок. Рациональные размеры и частота колебания решеток, высота слоя клинкера в горячей и холодной камерах. Аэродинамическое сопротивление слоя клинкера и его зависимость от гранулометрии клинкера и температуры воздуха. Система аспирации холодильника. Повышение эффективности работы рекуператорных (планетарных) холодильников. Тепловой баланс и КПД холодильника. Модернизация конструкции и оптимизация работы холодильников.

12. Футеровка вращающейся печи, назначение футеровки. Оптимальный вид огнеупора для отдельных технологических зон. Способы укладки и крепления кирпича. Особенности футеровки цепных завес, переходных участков между зонами, порогов печей. Формирование защитной обмазки и ее влияние на длительность службы огнеупора в зоне спекания. Влияние состава сырья (по основным, дополнительным оксидам, модульным характеристикам) и режима сжигания топлива на стойкость футеровки. Пути повышения стойкости футеровки.

13. Теплообменные устройства во вращающихся печах мокрого способа производства. Способы навески цепей, преимущества и недостатки различных видов навесок. Масса, поверхность, коэффициент плотности цепных завес и изменение этих параметров по отдельным участкам. Подбор рациональных теплообменных устройств в зависимости от изменения физических свойств шлама при его сушке на участках текучего, вязкого шлама и сыпучего материала. Определение зоны пылеобразования и пылеулавливания. Вид теплообмена, оптимальная скорость и заполнение материалом различных участков цепной завесы. Керамические теплообменники.

14. Теоретические и практические основы сжигания различных видов топлива во вращающейся печи. Способы оптимизации теплообмена, роль температуры горения, степени черноты факела и материала. Рациональное сжигание топлива, влияние отдельных факторов: вида, состава и параметров подготовки форсуночного топлива, скорости вылета топлива и количества первичного воздуха, коэффициента избытка и

температуры вторичного воздуха, положения форсунки и условия подачи пыли в факельное пространство.

15. Клинкерное пыление во вращающихся печах и его влияние на эксплуатационные параметры печи. Причины клинкерного пыления: роль состава сырья по основным и дополнительным оксидам, фазового состава клинкера, свойств и количества жидкой фазы, режима обжига и условий горения топлива. Связь между активностью, фракционным составом клинкера и положением зоны спекания в печи. Механизм клинкерного пыления, роль возгоняемых соединений на прочность спёков. Способы предотвращения клинкерного пыления.

16. Влияние свойств сырья и режима обжига на качество клинкера. Оптимальная тонкость помола сырья, какой минерал может содержаться в крупной фракции, а какой нет и почему? Влияние примесей и закисного железа в сырье на активность отдельных минералов и клинкера. Особенности сжигания высокосернистого мазута для получения высококачественного клинкера, условия образования силикосульфата кальция и его влияние на качество клинкера.

17. Кольца и настывы в печных системах. Виды колец в различных зонах, их размеры и влияние на технологический режим работы агрегата и качество клинкера. Химический и фазовый состав отдельных колец и настывов. Причины, механизм образования, способы предотвращения и устранения колец.

18. Использование техногенных материалов в качестве сырьевого компонента для производства цементного клинкера. Применение топливных зол, белитового шлама, кислых, основных, металлургических и высокоосновных сталеплавильных шлаков. Основной критерий, определяющий степень снижения удельного расхода тепла при их применении, дать разъяснения различного влияния. Способы использования техногенных продуктов при мокром и сухом способах производства. Двухклинкерные цементы: получение с использованием шлака и свойства.

19. Использование печных пылей в производстве цемента и других отраслях промышленности. Способы возврата пыли в различные зоны печи, преимущества и недостатки отдельных способов по их влиянию на пылеунос, стабильность работы печи, тепломассообмен, удельный расход тепла, горение топлива и качество клинкера. Обжиг пыли в отдельной печи, особенности подготовки смеси и параметров работы вращающейся печи. Возможность использования пыли для производства смешанных цементов, шлакощелочных вяжущих, тампонажных цементов, для дорожного строительства.

20. Основы управления вращающейся печью мокрого способа. Принципиальная схема контроля и управления. Потребление и способ расчета тепла по отдельным зонам. Влияние позонного расхода тепла на принцип управления печью. Стабилизация режима работы печи по входным параметрам: расходу шлама и топлива, количеству и параметрам воздуха и отходящих газов. Дозирующие, измерительные и контролируемые устройства, принцип их работы. Основные теплотехнологические параметры, по которым машинист управляет печью, допустимые отклонения. Причины возникновения колебаний слоя материала в печи, технологические осложнения, возникающие при этом, способы предотвращения колебаний слоя материала. Дополнительная нетрадиционная информация, которую следует использовать при управлении печью: потребляемая мощность приводом, скорость вращения печи, характер распределения температуры корпуса печи, состав отходящих газов, температура и энтальпия вторичного воздуха. Рациональные действия машиниста при перегреве клинкера в зоне спекания. Причины и последствия недожога топлива, способы устранения.

21. Розжиг печи после капитального ремонта при отсутствии материала в ней. Темп разогрева футеровки, последовательность и количество подаваемого топлива и шлама. Начало вращения печи на вспомогательном приводе и перевод её на главный привод - «быстрый» и «тихий» ход. Действия машиниста по набору устойчивой обмазки на футеровке в зоне спекания при розжиге печи. Последовательность пуска дымососа и холодильника. Остановка

печи на капитальный ремонт с полной выработкой материала из неё на качественный клинкер. Остановка и розжиг печи с материалом при необходимости выполнения «горячего ремонта» футеровки или других кратковременных работ внутри печи.

Рекомендованная 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. Компьютерная обработка рентгеновских спектров: методические указания к выполнению лабораторных и исследовательских работ / Т.И. Тимошенко, В.К. Классен, В.М. Шамшуров. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. – 34 с.
4. 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.
5. 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.

2.2. ТЕХНОЛОГИЯ ВЯЖУЩИХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Перечень вопросов

1. Характеристика и свойства сырьевых материалов и добавок: химический и минералогический состав песков и извести. Физические и химические свойства отдельных минералов сырья и их превращения при нагревании. Классификация песков и извести по минералогическому и фракционному составу.
Назначение силикатного кирпича и его использование в строительстве. Классификация силикатного кирпича согласно ГОСТу 379-95 по прочности и морозостойкости. Марка силикатного кирпича и ее повышение. Требования к силикатному кирпичу по отдельным его показателям. Виды брака силикатного кирпича и способы его снижения.
2. Требования ОСТ 21-1-80 к пескам для производства автоклавных материалов. Влияние наличия в песках примесей глинистых минералов, щелочных и сернокислых соединений, минералов слюд и органических примесей на процессы твердения автоклавных материалов и их свойства.
Приготовление известково-песчаного вяжущего. Характеристика вяжущего – активность, тонкость помола вяжущего и дисперсность песка в нем. Оборудование для помола вяжущего. Совместный и раздельный помол компонентов и их влияние на процессы твердения автоклавного вяжущего.
3. Классификация извести согласно ГОСТ 9179-77 на известь строительную. Физико-химические процессы, протекающие при гашении. Гидратационная теория твердения извести. Влияние температуры обжига, активности извести, водотвердого отношения и температуры процесса на скорость гашения извести и свойства получаемых продуктов гашения. Влияние наличия пережога извести и повышенного содержания MgO на скорость гашения извести. Управление процессом гашения извести.
Химические свойства гидроксидов кальция и их влияние на процессы твердения автоклавных материалов. Получение химически активных продуктов гашения извести. Оборудование для гашения извести в производстве силикатного кирпича. Устройство и их

работа. Управление процессом гашения извести. Характеристика силикатной смеси на выходе из силосов.

4. Теория прессования известково-песчаных смесей. Характеристика смеси. Роль формы и активности поверхности частиц, влажности смеси, наличия различных примесей и добавок, температуры и времени вылеживания смеси в силосах на качество кирпича-сырца. Виды брака кирпича – сырца и способы их устранения.

Формирование силикатных автоклавных материалов. Классификация прессов для формования силикатного кирпича и принцип их работы. Достоинства и недостатки отдельных видов прессов.

5. Гидросиликаты кальция и их классификация по Боггу и по Тейлору. Свойства гидросиликатов кальция – прочность, морозостойкость, водостойкость, стойкость в агрессивных средах и при повышении температуры. Гидросиликаты кальция, которые получают при твердении автоклавных материалов на основе извести и песка, их влияние на свойства силикатного кирпича.

Физико-химические процессы твердения известково-песчаного вяжущего в автоклавах. Кристаллизационная и твердофазовая теории твердения в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. Влияние тонкости помола вяжущего, химического и минералогического состава сырьевых компонентов, условий автоклавной обработки на скорость образования гидросиликатов кальция и их фазовый состав.

6. Автоклавная обработка силикатного кирпича и ячеистых строительных материалов. Режимы автоклавной обработки. Влияние температуры на время автоклавной обработки. Автоклавы, виды автоклавов, устройство и их работа.

Теплообмен в автоклаве. Режим автоклавной обработки плотных и ячеистых автоклавных материалов. Тепловой баланс автоклава. Способы снижения расхода пара на автоклавную обработку силикатного кирпича и ячеистых изделий. Устройство и работа автоклавов.

7. Эксплуатация шахтных известковых печей. Особенности сжигания твердого топлива в шахтных пересыпных печах. Тепловые зоны шахтных пересыпных печей и технологические процессы, протекающие в них.

Недожог топлива, виды недожога и его влияние на производительность печи и качество извести.

8. Эксплуатация шахтных печей, работающих на газе. Особенности сжигания газообразного топлива в шахтных печах. Подготовка материала к обжигу по фракционному составу. Тепловые зоны шахтных печей, работающих на газе, и технологические процессы, протекающие в них. Виды горелок и их расположение в печи.

9. Эксплуатация известковых вращающихся печей. Тепловые зоны известковых вращающихся печей и технологические процессы, протекающие в них. Холодильники печей. Причины повышенного расхода топлива в печах и способы его снижения.

10. Виды брака автоклавных материалов на примере силикатного кирпича и способы его устранения. Требования ГОСТ 379-95 к качеству силикатного кирпича.

Влияние отдельных факторов на качество автоклавных материалов – вид и качество сырьевых компонентов, состав сырьевой смеси, режим автоклавной обработки. Повышение качества автоклавных материалов. Интенсификация отдельных стадий технологического процесса производства автоклавных материалов.

11. Производство лицевого кирпича. Особенности технологического процесса производства лицевого кирпича. Требования ГОСТ 379-95 к качеству лицевого силикатного кирпича.

Отличительные особенности производства ячеистых и плотных силикатных бетонов автоклавного твердения. Требования к пескам и заполнителю, формование и режимы автоклавирования изделий.

Рекомендованная литература:

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2012. 307 с. (Рекомендовано ГОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева в качестве учебного пособия)
2. Борисов И.Н. Управление процессами агломерации материалов и формирования обмазки во вращающихся печах цементной промышленности. – Белгород: Изд-во «Белаудит», 2003. – 112 с.
3. Кудеярова Н.П. Вяжущие для строительных автоклавных материалов (учебное пособие) - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006.- 143 с., (Допущено Министерством образования и науки РФ в качестве учебного пособия)
4. Кудеярова Н.П. Технологические расчеты при проектировании заводов силикатного кирпича. Белгород.: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010 г. 103 с.
5. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2004. Ч. 1 – 240 с.; Ч. 2 – 198 с. (Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области химической технологии и биотехнологии в качестве учебного пособия)

2.3. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Перечень вопросов

1. Портландцемент, определение, общая характеристика состава: химическая, модульная, фазовая. Допустимая концентрация примесных элементов в цементе.
2. Коэффициенты насыщения кремнезема известью (КН) формулы расчета. Определение. Применение.
3. Превращения компонентов цементной сырьевой смеси при нагревании: известняка, глины, железосодержащего компонента. Полиморфные превращения SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .
4. Фаза трехкальциевого силиката (Алит). Особенности синтеза. Полиморфизм C_3S , температурная область стабильности состава C_3S . Алит в клинкере. Особенности состава, обеспечивающие повышенную гидратационную активность C_3S . Расчет количества C_3S в клинкере по Кинду.
5. Фаза двухкальциевого силиката (Белит). Полиморфизм C_2S . Твердые растворы C_2S . Белиты в клинкерах. Пластинчатая текстура белитов. Расчет количества C_2S в клинкере по Кинду. Петрография белита, его гидравлическая активность.
6. Алюминатная фаза клинкера. Структура C_3A , ее термическая и химическая устойчивость. Расчет содержания C_3A в клинкере по Кинду. Гидравлическая активность как самостоятельной фазы и в составе клинкера.
7. Алумоферритная фаза цементного клинкера. Составы серии твердых растворов $\text{Ca}_2(\text{Al}_x\text{Fe}_{1-x})_2\text{O}_5$. Образование вторичных твердых растворов. Образование высокоосновных фаз. Расчет количества C_4AF в клинкере по Кинду.
8. Оптимизация сырьевой смеси для производства портландцемента по составу, обжигаемости и гидравлической активности. Оптимальные значения модулей: КН, n и p . Метод Ирку. Экспериментальные методы определения обжигаемости сырьевой смеси.
9. Влияние дисперсности компонентов на обжигаемость сырьевой смеси. Способы оценки степени помола сырьевой смеси. Допустимое содержание грубой фракции кварцевого песка.
10. Влияние примесных элементов Mg, S, Na, K, P на образование портландцементного клинкера. Отрицательное действие повышенного ($> 2-3\%$) содержания примесных элементов на процессы синтеза клинкерных фаз и способы его нейтрализации.
11. Расчетный минералогический состав портландцементного клинкера по Кинду.

12. Химическая интенсификация процессов образования клинкера. Механизм минерализующего (каталитического) действия фторидов. Получение галогенсодержащих клинкеров при пониженных температурах. Сульфоалюминатные и сульфоферритные клинкера.
13. Природа вяжущих свойств различных материалов по работам Журавлева В.Ф. и согласно современным представлениям. Электроотрицательность связи Me-O как мера гидравлической активности вяжущих материалов.
14. Гидратация алита и белита. Изменение состава гидратных фаз при гидратации.
15. Гидратация алюминатной фазы клинкера. Влияние температуры на состав гидратных фаз. Роль гипса в процессе гидратации С₃A. Гидратация алюмоферритной фазы.
16. Физические процессы, протекающие при гидратации портландцемента и синтез прочности цементного камня. Влияние фазового состава, В/Ц отношения; степени измельчения, температуры и добавок.
17. Химия портландцемента со специальными добавками: органические и неорганические замедлители и ускорители схватывания. Пластификаторы, супер- и гиперпластификаторы. Вяжущие низкой водопотребности (ВНВ).
18. Коррозия цементного камня и бетона. Сульфатная, магниевая и углекислотная коррозии. Коррозия выщелачивания. Реакция взаимодействия щелочей цемента с активным заполнителем бетона. Меры защиты бетона от коррозии. Физическая коррозия.
19. Алюминатный (глиноземистый) цемент. Получение, гидратация, твердение. Строительно-технические свойства, применение. Производные цементы: расширяющиеся и напрягающие, состав, особые свойства.
20. Интенсификация твердения портландцемента. Быстротвердеющие, высокопрочные и особовысокопрочные цементы. Способы повышения прочности цементного камня и бетона: снижение водоцементного (В/Ц) отношения, специальные заполнители (волокна, микрокремнезем), формование под давлением, вакуумирование и пропитка полимерами.
21. Реакции, обеспечивающие твердение вяжущих веществ в воздушном, автоклавном и гидравлических условиях.

Рекомендованная литература:

1. Тейлор Х. Химия цемента / Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 560 с.
2. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента (учебное пособие). – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2012. – 308 с.
3. Химия вяжущих материалов: методические указания к выполнению курсовой работы / В.Д. Барбанягрэ, Л.Б. Афанасьева. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 40 с.
4. Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. – М.: Высш. школа., 1980. – 472 с.
5. Торопов Н.А. Химия цементов / Н.А. Торопов. – М.: Промстройиздат, 1996. – 270 с.