

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра химической технологии вяжущих материалов

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Программа, методические указания
и контрольные задания для студентов
заочной формы обучения специальности
1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств
и предприятий строительных материалов»
специализации 1-36 07 01 02 «Машины и оборудование
предприятий строительных материалов»**

Минск 2009

УДК 666:691(073)

ББК 38.6я73

Т38

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета.

Составитель

доцент, кандидат технических наук *А. А. Сакович*

Рецензент

доцент, кандидат технических наук *Е. М. Дятлова*

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2009 год. Поз. 106.

Для студентов заочной формы обучения специальности 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» специализации 1-36 07 01 02 «Машины и оборудование предприятий строительных материалов».

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

За последние годы технический уровень предприятий, производящих строительные материалы, значительно возрос: освоены новые технологические линии, улучшилось качество продукции, существенно изменился ассортимент выпускаемых строительных материалов в результате появления ряда импортных, а также освоения производства новых материалов отечественными предприятиями. Поэтому основной задачей дисциплины «Технология строительных материалов» является изучение современных технологических процессов производства строительных материалов и изделий из керамики, стекла и вяжущих веществ, рассмотрение вопросов энергосберегающих технологий и эффективного использования отходов производства и вторичного тепла.

Общий курс технологии строительных материалов в теоретических положениях и при изучении технологических вопросов опирается на знания студентов, полученные по химии, физике, материаловедению и другим учебным дисциплинам. Его освоение рекомендуется проводить последовательно, в соответствии с рабочей программой.

Для обеспечения дальнейшего технического прогресса в промышленности специалисты должны в совершенстве знать основные технологические процессы и уметь творчески применять полученные знания на производстве. В связи с этим целью задач в контрольных работах является овладение студентами методик расчета сырьевых смесей и их количества для обеспечения необходимой производственной программы выпуска строительных материалов и изделий.

Учебным планом по курсу данного предмета предусмотрены лекции в объеме 16 ч; лабораторные занятия – 12 ч; самостоятельная работа – 122 ч; две контрольные работы на IV и V курсах соответственно. Выполненные контрольные работы должны быть отосланы на кафедру для рецензирования.

Завершается обучение на IV курсе зачетом, на V – экзаменом.

1. ПРОГРАММА КУРСА

Введение

Содержание и задачи курса, значение дисциплины и ее связь со смежными дисциплинами. Исторический обзор возникновения и развития производства строительных материалов. Современное состояние производства строительных материалов в Республике Беларусь и анализ технического уровня их производства в сравнении с развитыми зарубежными странами. Роль строительных материалов в промышленности, строительстве, производстве новой техники, быту. Номенклатура основных видов строительных материалов.

Раздел 1. Теоретические основы получения силикатных материалов

Тема 1. Тугоплавкие неметаллические и силикатные материалы – основа строительных материалов.

Общие понятия о диаграммах состояния. Диаграммы состояния важнейших силикатных систем. Одно-, двух- и трехкомпонентные системы. Диаграмма состояния SiO_2 . Свойства и структура основных модификаций кремнезема. Применение диаграмм состояния систем при разработке составов силикатных материалов (синтез стекол, синтетические материалы, керамика, вяжущие материалы).

Тема 2. Последовательность реакций в смесях твердых веществ.

Твердофазовые реакции и их классификация. Принципы классификации твердофазовых реакций. Диффузия в твердых телах. Механизмы диффузии: вакансионный, междоузельный и эстафетный. Последовательность реакции в смесях твердых веществ.

Тема 3. Строение неорганических веществ в стеклообразном и кристаллическом состоянии.

Кристаллохимические принципы строения веществ: стехиометрия и валентность элементов, размеры атомов и ионов, правила соотношения радиусов. Дефекты кристаллической решетки: классификация дефектов, точечные дефекты, дислокации и пути повышения прочности твердых тел. Строение кристаллических силикатов: общие сведения о структуре силикатов, структурная классификация кристаллических силикатов. Общие свойства веществ в стеклообразном состоянии. Склонность к стеклообразованию. Строение стекла. Стеклокристаллические материалы.

Тема 4. Структура и основные свойства строительных материалов.

Механические, физические, химические и технологические свойства. Определение качества материала по свойствам. Закономерные взаимосвязи структур и свойств материала. Принципы долговечности строительных материалов. Подobie материалов оптимальной структуры. Научные принципы и общий метод проектирования состава материалов оптимальной структуры. Оценка технико-экономической эффективности материалов оптимальной структуры.

Раздел 2. Основы технологии нерудных строительных материалов

Нерудные материалы: состояние и перспектива развития технологии нерудных строительных материалов. Свойства нерудных материалов. Сырье для их производства. Основные порообразующие минералы: кремнезем, алюмосиликаты, железисто-магнезиальные, карбонаты, сульфаты. Минералы группы кремнезема – кварц, кристаллический и аморфный кремнезем. Минералы группы алюмосиликатов: полевые шпаты, слюды, каолиниты. Железисто-магнезиальные силикаты: пироксены амфиболы, оливин. Минералы группы карбонатов – кальцит, магнезит, доломит. Минералы группы сульфатов: гипс, ангидрит. Горные породы: изверженные, осадочные, метаморфические. Основные технологические процессы при добыче нерудных материалов. Переработка и обогащение нерудных материалов. Охрана труда и охрана недр.

Раздел 3. Технология вяжущих веществ и строительных материалов на их основе

Тема 1. Классификация и свойства вяжущих веществ.

Классификация минеральных вяжущих веществ. В основу классификации вяжущих веществ положены условия, по которым последние проявляют свои вяжущие свойства: воздушные, гидравлические автоклавные, термотвердеющие. Классификация минеральных вяжущих веществ по областям применения. Основные группы сырьевых материалов для производства минеральных вяжущих веществ.

Тема 2. Технология производства гипсовых вяжущих веществ.

Классификация гипсовых вяжущих. Сырьевые материалы для получения гипсовых вяжущих веществ (природное и техногенное

сырье). Основные строительно-технические свойства низкообжиговых гипсовых вяжущих и методы их определения. Физико-химические основы дегидратации дигидрата сульфата кальция. Характеристика модификаций α - и β -полугидратов, их отличительные особенности. Схема термохимических превращений природного гипсового камня.

Основное технологическое оборудование для производства гипсовых вяжущих. Технология получения β -полугидрата в варочных котлах и сушильных барабанах. Характеристика и работа гипсоварочных котлов периодического и непрерывного действия. Технологические схемы производства строительного гипса с использованием сушильных барабанов и гипсоварочных котлов.

Особенности получения высокопрочного гипсового вяжущего. Оборудование, применяемое для получения α -полугидрата (автоклавы, демпферы). Дегидратация дигидрата сульфата кальция в аппаратах, работающих под давлением и в водных растворах солей. Физико-химические основы процесса твердения гипсовых вяжущих. Высокообжиговые гипсовые вяжущие: сырьевые материалы, получение, свойства, области применения. Композиционные гипсовые вяжущие.

Тема 3. Технология производства известковых вяжущих веществ.

Классификация известковых вяжущих. Характеристика сырьевых материалов для производства извести.

Химические и физические свойства природного сырья. Физико-химические основы процесса обжига карбонатного сырья. Примеси в карбонатном сырье и их влияние на процесс обжига. Типовые блок-схемы подготовки сырья к обжигу. Методы обогащения сырья.

Известково-обжигательные печи. Общая характеристика печных агрегатов для обжига карбонатного сырья. Их достоинства и недостатки. Вращающиеся печи. Печи кипящего слоя. Шахтные печи. Устройство, характеристика, принцип действия. Основные технико-экономические показатели работы печей и пути их улучшения. Способы производства извести. Факторы, влияющие на выбор способа производства извести.

Технология получения воздушной строительной извести по мокрому способу производства из переувлажненного мела с использованием вращающихся печей. Характеристика основного технологического оборудования, используемого при мокром способе производства. Пути снижения энергозатрат при мокром способе производства.

Технологический режим получения извести в шахтных печах. Получение молотой негашеной извести. Аппаратурное оформление процесса помола, способы интенсификации помола, получение гашеной

(гидратной) извести. Аппаратурное оформление процесса гашения. Твердение извести.

Гидравлическая известь. Классификация гидравлической извести по гидравлическому модулю. Сырьевые материалы и технологический процесс получения. Процессы, происходящие при обжиге гидравлической извести и формирование ее минералогического состава. Основные свойства, твердение и области применения гидравлической извести. Вещества вяжущие известьсодержащие гидравлические.

Производство магнезиальных вяжущих веществ. Сырьевые материалы для производства магнезиальных вяжущих (магнезит, доломит, брусит). Технологический процесс производства магнезиальных вяжущих. Затворители для магнезиальных вяжущих. Свойства и применение каустического магнезита и каустического доломита. Изделия на основе магнезиальных вяжущих: ксилолит и фибролит.

Тема 4. Технология производства портландцемента.

Классификация цементов на основе портландцементного клинкера и требования, предъявляемые к ним ГОСТом 10178-85 и единым европейским унифицированным стандартом ENV 197-1. Типы и классы цементов. Основные строительно-технические свойства цементов и методы их определения.

Химический состав портландцемента. Минералогический состав портландцементного клинкера. Влияние клинкерных минералов на формирование прочностных и других свойств цемента. Основные клинкерные минералы и второстепенные фазы.

Принцип расчета состава сырьевой смеси для получения портландцементного клинкера. Гидравлический, кремнеземистый и глиноземистый модули. Коэффициент насыщения известью. Основные сырьевые материалы для производства портландцементного клинкера (карбонатное и глинистое сырье, корректирующие добавки).

Выбор способа производства цемента. Мокрый, сухой, полусухой и комбинированный способы производства цемента, их достоинства и недостатки. Техничко-экономические преимущества каждого из них. Добыча сырья и карьерное хозяйство. Основное технологическое оборудование, применяемое для получения сырьевого шлама. Пути снижения влажности шлама.

Процессы, происходящие при обжиге сырьевой смеси при получении портландцементного клинкера. Характеристика зон вращающейся печи (подсушки, подогрева, декарбонизации, экзотермических реакций, спекания, охлаждения), температурный режим материала и теплоносителя. Последовательность протекания химических реакций

и отдельных стадий обжига на примере процессов, происходящих во вращающейся печи, работающей по мокрому способу. Реакции в твердом состоянии. Жидкофазовое спекание.

Процессы, протекающие при охлаждении портландцементного клинкера. Аппаратурное оформление стадии охлаждения портландцементного клинкера. Типы охладителей – барабанные, колосниковые, рекуператорные, шахтные, их достоинства и недостатки. Влияние скорости охлаждения на свойства портландцемента.

Магазинирование и помол клинкера. Сравнительная размалываемость различных клинкеров. Интенсификация процесса помола. Применение интенсификаторов помола. Открытый и замкнутый циклы помола. Пылеулавливающие устройства. Хранение и транспортировка цемента.

Принципиальная технологическая схема получения портландцементного клинкера по мокрому способу из переувлажненного сырья Республики Беларусь.

Способы подготовки сырьевой муки. Оборудование для помола и сушки сырьевой муки. Запечные теплообменные устройства, применяемые для печей сухого способа (циклонный теплообменник, конвейерный кальцинатор, циклонный теплообменник с декарбонизатором). Технологическая схема получения портландцементного клинкера по сухому способу.

Схватывание и твердение портландцемента. Гидролиз и гидратация клинкерных минералов. Первичные и вторичные процессы, протекающие при гидратации портландцемента. Прочность цемента и кинетика ее нарастания. Влияние гранулометрического состава, величины удельной поверхности, водоцементного отношения и температуры на прочность цементного камня. Физическая и химическая коррозия цемента и бетона. Долговечность изделий на основе портландцемента. Защита изделий от негативного воздействия внешних факторов.

Тема 5. Разновидности портландцемента и специальные виды цементов.

Быстротвердеющие и высокопрочные цементы. Сырьевые материалы для их производства, свойства, назначение и технические требования, предъявляемые к ним. Сульфатостойкий портландцемент. Тампонажный портландцемент: области применения, требования к минералогическому составу клинкера. Портландцемент для бетона дорожных и аэродромных покрытий. Цементы с ПАВ (пластифицированный и гидрофобный портландцемент). Белый и цветной портландцемент. Красящие добавки и красители.

Шлакопортландцемент (ШПЦ). Характеристика шлаков и их классификация. Технологический процесс получения ШПЦ. Свойства, процессы твердения и области применения ШПЦ. Пуццолановые портландцементы. Активные минеральные добавки для получения пуццоланового портландцемента. Природа активности гидравлических добавок. Глиноземистый цемент: сырье, технология получения, свойства и области применения. Минералогический состав глиноземистого цемента.

Тема 6. Технология искусственных каменных и необжиговых материалов и изделий на основе неорганических вяжущих.

Изделия на основе известковых вяжущих, их классификация. Современное состояние производства автоклавных материалов в Республике Беларусь. Сопоставительный анализ технического уровня их производства в сравнении с развитыми странами. Сырьевые материалы для получения автоклавных материалов и требования, предъявляемые к ним.

Ячеистый бетон. Номенклатура изделий из ячеистого бетона. Основные строительно-технические и тепло-физические свойства ячеистобетонных изделий и конструкций. Технологический процесс производства изделий из ячеистого бетона. Способы приготовления ячеистобетонной смеси. Методы формования ячеистобетонной смеси. Автоклавная обработка (запаривание изделий). Технологическая схема производства мелких газосиликатных блоков с использованием смешанного вяжущего.

Силикатный кирпич и плотный силикатный бетон. Их основные строительно-технические и теплофизические свойства. Технико-экономический анализ производства силикатного кирпича в сопоставлении с обжиговыми керамическими материалами. Технологический процесс производства силикатного кирпича и плотного силикатного бетона. Автоклавная обработка. Технологическая схема производства силикатного кирпича. Основное технологическое оборудование (двухвальный смеситель, реактор для гашения силикатной массы, пресс для изготовления сырца, автоклав). Цветной силикатный кирпич. Способы окрашивания. Процессы, происходящие при гидротермальной обработке силикатных изделий.

Асбестоцементные изделия (АЦИ). Номенклатура выпускаемой продукции. Классификация АЦИ. Сырьевые материалы для производства АЦИ и требования, предъявляемые к ним. Способы формования АЦИ. Аппаратурное оформление стадии распушки асбеста. Устройство и принцип действия листоформовочной машины.

Гипсовые и гипсобетонные изделия. Материалы для их производства. Гипсобетонные панели для перегородок (основные технологические переделы и применяемое оборудование). Гипсовые плиты для перегородок: технологический процесс, основные строительнотехнические свойства, область применения. Гипсовая сухая штукатурка (ГСШ). Технологическая схема получения ГСШ, основное технологическое оборудование, свойства и область применения. Плиты и вентиляционные блоки гипсовые.

Тема 7. Технология бетонных и железобетонных изделий.

Бетоны. Определение и общая классификация бетонов. Материалы для тяжелого (обычного) бетона и требования, предъявляемые к ним (вяжущие вещества, заполнители, заполнитель для легких бетонов, арматура). Основные строительнотехнические свойства бетонов и методы их определения: прочность, пористость и плотность, водонепроницаемость, морозостойкость, усадка и набухание, ползучесть, тепловыделение при твердении бетона, теплопроводность бетона, огнестойкость, химическая коррозия бетона.

Технологический процесс производства бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Общие сведения о железобетоне и его классификация. Материалы для железобетона. Предварительная подготовка материалов. Организация технологического процесса. Агрегатно-поточный способ производства. Конвейерный способ производства. Стендовый и кассетный способы производства. Формование бетонных смесей и способы уплотнения. Тепловлажностная обработка изделий. Экономия цемента в технологии бетона и железобетона.

Тема 8. Строительные растворы и сухие строительные смеси.

Общие сведения и классификация. Материалы для строительных растворов. Свойства сухих строительных смесей и растворов. Виды сухих строительных смесей, растворов и область их применения.

Тема 9. Коагуляционные органические вяжущие материалы.

Битумные вяжущие. Дегтевые вяжущие. Асфальтовые дегтевые бетоны и растворы. Гидротехнические асфальтобетоны и растворы.

Раздел 4. Основы технологии керамических материалов и изделий

Тема 1. Классификация керамических материалов и изделий.

Классификация керамических материалов и изделий. Классификация и требования, предъявляемые к сырью для производства керамики. Пластичные сырьевые материалы, глины и каолины, их назна-

чение и свойства. Технические свойства пластичных материалов – пластичность, связующая способность, воздушная и огневая усадка. Непластичные материалы. Их состав и назначение.

Тема 2. Основные процессы и методы керамической технологии.

Подготовка непластичных материалов и плавней. Зерновой состав материалов. Подготовка пластичных материалов. Технология приготовления керамических масс. Способы приготовления керамических технологических шихт.

Тема 3. Методы формования керамических изделий.

Количественные характеристики качества сформованного керамического полуфабриката. Требования, предъявляемые к полуфабрикату.

Формование порошкообразных масс. Прессование. Стадии и режимы процесса прессования порошкообразных масс. Дефекты, возникающие при прессовании и пути их ликвидации. Разновидности полусухого прессования: метод гидростатического (изостатического) прессования, метод горячего прессования. Трамбование. Аппаратурное оформление процесса формования порошкообразных масс.

Формование пластичных масс. Пластическое формование. Способы пластического формования: выдавливание (экструзия) массы, допрессовка (штампование), раскатка в тела вращения. Аппаратурное оформление процесса формования пластических масс.

Формование суспензий. Литье из шликеров. Способы формования методом литья: литье из водных суспензий в пористые формы, горячее литье из суспензий на основе расплавленной пластичной связки. Водное литье: наливной и сливной способы (достоинства и недостатки). Горячее литье из шликеров. Связующие для временной связки. Горячее литье под давлением. Способ непрерывного литья. Способ намораживания. Формование из пластичных, порошкообразных и шликерных масс. Процессы, протекающие при полусухом прессовании. Изостатическое прессование. Виды пластичного прессования. Шликерный способ формования изделий литьем.

Тема 4. Сушка и обжиг керамических изделий.

Роль процесса сушки в технологии керамических материалов. Теоретические основы сушки. Состояние материала по отношению к окружающей среде. Адсорбционная, кристаллизационная и химически связанная вода. Внешняя и внутренняя диффузия. Скорость сушки. Методы и режимы сушки. Выбор оптимального режима сушки. Выбор типа сушила. Сушка шламов и шликеров: аппаратурное оформление процесса. Сушка полуфабрикатов изделий: аппаратурное оформление процесса. Удаление из полуфабриката термопластичного связующего. Пути энергосбережения на стадии сушки.

Химические и физико-химические процессы при высокотемпературном синтезе керамических материалов. Дегидратация. Разложение кристаллогидратов и гидроксидов. Дегидратация глинистых минералов. Термическая диссоциация. Разложение минералов с выделением газообразных продуктов (за исключением паров воды). Диссоциация карбонатов и сульфатов. Разложение мела, известняка, доломита, магнезита при производстве вяжущих веществ. Твердофазовый синтез и твердофазовое спекание. Химические процессы, протекающие при повышенных температурах между частицами твердых веществ. Твердофазовый синтез. Жидкофазовый синтез и жидкофазовое спекание. Рекристаллизация. Охлаждение.

Показатели эффективности работы печных агрегатов. Температурный и газовый режимы обжига материалов. Этапы температурного режима. Тепловые агрегаты для обжига сформованного полуфабриката изделий. Кольцевые печи. Туннельные печи. Роликовые щелевые печи.

Тема 5. Технология строительной керамики.

Производство строительной керамики. Виды строительной керамики. Способы производства строительной керамики. Стеновые материалы. Технология производства керамического кирпича. Технология производства керамической плитки для внутренней и наружной облицовки стен зданий и сооружений. Пористые заполнители. Технология производства керамзита. Аглопорит. Основные свойства и области применения материалов и изделий строительной керамики.

Тема 6. Технология производства санитарно-строительных изделий.

Стройфарфор. Требования, предъявляемые к стройфарфору. Основные свойства и области применения изделий. Стеновой и конвейерный методы литья.

Тема 7. Технология производства огнеупоров.

Классификация огнеупоров. Основные требования, предъявляемые к огнеупорам. Алюмосиликатные огнеупоры. Кремнеземистые огнеупоры. Динас и особенности его производства. Процессы, протекающие при обжиге динаса. Магнезиальные огнеупоры. Свойства огнеупоров и области их применения. Оплавленные огнеупоры.

Раздел 5. Технология стекла и ситаллов

Тема 1. Классификация стекла и стеклокристаллических материалов.

Классификация стекла и стеклокристаллических материалов и изделий. Основные понятия и термины. Области применения. Характе-

ристика стекловидных веществ. Свойства и составы промышленных стекол. Классификация и требования, предъявляемые к сырью для производства стекла и ситаллов. Основные и вспомогательные сырьевые материалы. Главные стеклообразующие оксиды. Красители. Глушители. Осветлители. Обесцвечиватели. Ускорители.

Тема 2. Варка стекол.

Стекловарение. Силикато- и стеклообразование. Реакции силикатообразования в содовой и сульфатной шихте. Физико-химические основы процессов осветления и гомогенизации стекла. Пороки стекол: камни, свиля. Тепловые агрегаты для плавления шихт. Горшковые печи. Ваннные печи. Способы загрузки шихты в ваннные печи.

Тема 3. Формование стеклоизделий.

Влияние свойств стекломассы на процесс формования. Свойства стекольного расплава: вязкость, скорость затвердевания, поверхностное натяжение. Понятие о «длинных» и «коротких» стеклах. Выбор способа формования стеклоизделий. Характеристика способов формования стеклоизделий. Вытягивание листового стекла лодочным и безлодочным способами. Аппаратурное оформление процесса вытягивания. Вытягивание труб. Прокат. Флоат-способ или метод «плавающей ленты». Прессование. Выдувание. Пресс-выдувание. Современные пресс-выдувные машины. Гравитационное моллирование.

Тема 4. Технология листового стекла и светопропускающих изделий из стекла.

Производство листового стекла. Принципиальная технологическая схема получения листового стекла флоат-способом. Технические характеристики линий полированного стекла флоат-способом. Флоат-ванна. Требования к газовой атмосфере в флоат-ванне. Производство стеклопакетов, профильного стекла, пустотелых стеклянных блоков, многослойного стекла.

Тема 5. Технология стекловолокна и ситаллов.

Производство стекловолокна. Производство непрерывного и штапельного стеклянного волокна. Одностадийный и двухстадийный способы производства непрерывного волокна.

Производство ситаллов. Направленная объемная кристаллизация стекол. Классификация стеклокристаллических материалов. Основы технологии получения ситаллов. Основные свойства ситаллов. Области применения.

2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Контрольное задание содержит десять вариантов. Номер варианта выбирается по последней цифре шифра зачетной книжки. Контрольная работа выполняется в ученической тетради, в которой обязательно оставляют поля для замечаний преподавателя, либо оформляется с использованием печатающих и графических устройств вывода и подшивается в папку. На обложке работы указывается название дисциплины, шифр, ФИО и почтовый адрес студента.

Контрольные работы содержат теоретические вопросы и расчетные задачи. При их выполнении в первую очередь следует ответить на теоретические вопросы, а затем перейти к решению задач. Задания выполняются точно по варианту. Контрольные работы, сделанные не в соответствии со своим вариантом, не рассматриваются и к защите не допускаются.

Задания оформляют, как отмечалось выше, в тетради с полями или на белой бумаге формата А4 с отступом справа 2 см.

При оформлении работ с применением печатающих и графических устройств вывода необходимо придерживаться ГОСТ 2.004 «Параметры шрифта для базового редактора “Word”»: размер (кегель) – 14 пт, гарнитура – Times New Roman Cyr, междустрочный интервал – одинарный.

Ответы на теоретические вопросы должны быть полными, ясными и включать необходимые схемы и графики. Физические величины, входящие в формулы, необходимо рассчитывать в задачах с указанием единиц измерения (размерности) в международной системе единиц (СИ). Расчеты нужно дополнять кратким пояснительным текстом. При выполнении контрольной работы следует обязательно записывать вопросы и условие задачи.

Контрольная работа № 1

Данная контрольная работа содержит четыре теоретических вопроса и две расчетные задачи. Ниже представлены теоретические вопросы для каждого варианта.

Вариант № 1

1. Классификация строительных материалов по технологическому признаку. Основные виды строительных материалов по происхождению.

2. Природные каменные материалы. Основные виды природных каменных материалов, изготавливаемых изделий и области их применения. Защита, транспортирование и хранение природных каменных материалов.

3. Известковые вяжущие вещества. Классификация и области применения. Основные строительно-технические свойства воздушной строительной извести.

4. Технология получения портландцемента по сухому способу с использованием циклонных теплообменников с декарбонизатором. Способы приготовления исходной сырьевой муки.

Вариант № 2

1. Основные типы строительных материалов по происхождению и назначению. Природные и искусственные строительные материалы.

2. Строительные растворы и сухие строительные смеси: общие сведения и классификация, материалы для строительных растворов.

3. Технология получения воздушной строительной извести по мокрому способу из переувлажненных мелов. Способы приготовления мелового шлама.

4. Технология изготовления сборных железобетонных изделий конвейерным способом.

Вариант № 3

1. Получение высокопрочного гипсового вяжущего. Оборудование, применяемое для получения α -полугидрата (автоклавы, демпферы).

2. Основные разновидности портландцемента (быстротвердеющий, пластифицированный и т. д.).

3. Технология получения извести по сухому способу с использованием шахтных печей.

4. Технология изготовления сборных железобетонных изделий агрегатно-поточным способом.

Вариант № 4

1. Классификация строительных материалов по назначению.

2. Основные разновидности портландцемента: шлакопортландцемент, пуццолановый цемент, белый и цветные цементы.

3. Гипсовые вяжущие вещества. Классификация и области применения. Основные строительно-технические свойства гипсовых вяжущих.

4. Технология получения изделий из ячеистого бетона (мелкие газосиликатные блоки).

Вариант № 5

1. Физические и химические свойства строительных материалов.
2. Органические заполнители, используемые при производстве строительных материалов.
3. Технология производства высокообжиговых гипсовых вяжущих веществ. Классификация и области применения.
4. Бетоны: классификация, назначение, области применения, требования к исходным сырьевым материалам по их производству.

Вариант № 6

1. Механические свойства строительных материалов.
2. Гипсовые плиты для перегородок: технологический процесс, основные строительно-технические свойства, область применения.
3. Асбестоцемент и изделия на его основе. Технология производства асбестоцементных изделий. Принципиальная технологическая схема получения асбестоцементных плоских листов.
4. Общие сведения о железобетоне и его квалификация. Материалы для его изготовления.

Вариант № 7

1. Бетоны. Определение и общая классификация бетонов. Материалы для тяжелого (обычного) бетона и требования, предъявляемые к ним (вяжущие вещества, заполнители, заполнитель для легких бетонов, арматура). Технологические свойства строительных материалов.
2. Органические вяжущие вещества. Их виды и назначение.
3. Получение высокообжиговых гипсовых вяжущих.
4. Технология производства асбестоцементных изделий. Принципиальная технологическая схема получения асбестоцементных труб.

Вариант № 8

1. Основные строительно-технические свойства бетонов и методы их определения.
2. Строительные растворы. Их виды и назначение. Материалы для строительных растворов.
3. Получение строительного гипса с использованием гипсоварочных котлов.
4. Технология получения силикатного кирпича. Принципиальная технологическая схема получения силикатного кирпича.

Вариант № 9

1. Методы прочностных испытаний строительных материалов. Их особенности для различных материалов (цементного камня, щебня, бетонов и т. д.).

2. Физико-химические основы производства и применения органических вяжущих веществ.

3. Портландцементы. Их классификация и области применения.

4. Гипсовые и гипсобетонные изделия. Технологическая схема получения гипсокартонных листов, основное технологическое оборудование, свойства и область применения.

Вариант № 10

1. Способы определения гранулометрического состава и дисперсности порошковых материалов.

2. Глиноземистый цемент: сырье, технология получения, свойства и области применения. Минералогический состав глиноземистого цемента.

3. Технология получения портландцемента по мокрому способу.

4. Формование бетонных изделий. Основные стадии и их особенности.

Задача № 1. Расчет сырьевой смеси для производства портландцемента

В соответствии с данными, приведенными в табл. 2.1 и 2.2, рассчитать сырьевую смесь для производства портландцемента в пересчете на 1 т клинкера. При расчете по силикатному модулю и коэффициенту насыщения использовать в качестве исходных сырьевые материалы в зависимости от варианта задания.

Таблица 2.1

Исходные данные для проектирования состава портландцемента

№ варианта	Исходные сырьевые материалы	Силикатный модуль	Коэффициент насыщения
1	Мел, глина 1, пиритные огарки	1,7	0,85
2	Мел, глина 2, пиритные огарки	1,9	0,88
3	Известняк, глина 1, пиритные огарки	1,8	0,90
4	Известняк, глина 2, пиритные огарки	2,2	0,89
5	Мел, глина 1, пиритные огарки	1,9	0,91
6	Мел, глина 2, пиритные огарки	2,3	0,87
7	Известняк, глина 1, пиритные огарки	2,1	0,92
8	Известняк, глина 2, пиритные огарки	2,2	0,90
9	Мел, глина 1, пиритные огарки	2,4	0,92
10	Мел, глина 2, пиритные огарки	2,3	0,89

Таблица 2.2

Химический состав сырьевых материалов

Компонент	Наименование исходных сырьевых материалов				
	мел	известняк	глина № 1	глина № 2	пиритные огарки
SiO ₂	1,38	3,76	68,0	56,6	11,0
Al ₂ O ₃	0,22	1,10	12,6	15,4	1,5
Fe ₂ O ₃	0,20	0,66	2,95	4,85	84,2
CaO	54,13	52,46	5,7	5,69	0,76
MgO	0,20	1,23	1,45	1,45	0,55
SO ₃	0,23	0,30	1,28	0,33	1,25
ППП*	42,60	40,38	7,2	14,87	0,67
Прочие	1,04	0,11	0,82	0,81	0,7
Всего	100	100	100	100	100

* ППП – потери при прокаливании.

Задача № 2. Проектирование состава бетона

Определить состав бетона марки М_б с подвижностью П_и, жесткостью Ж_и. Сырьевые материалы – песок заданного состава П с истинной плотностью ρ_п и насыпной плотностью γ_п; щебень заданного состава и крупности Щ с истинной плотностью ρ_щ и насыпной плотностью γ_щ; гравий Г с истинной плотностью ρ_г и насыпной плотностью γ_г. Исходные данные приведены в табл. 2.3 и 2.4, значения коэффициентов, необходимые для расчета – в табл. 2.5–2.8.

В соответствии с табл. 2.9 сделать заключение, к какому типу по плотности относится рассчитанный бетон.

Для бетонов марок М100 – М150 в расчете принимать заполнители пониженного качества, М200 – М400 – обычного (рядового) качества, М500 – высокого качества.

Таблица 2.3

Исходные данные для проектирования состава бетона

Вариант	Марка бетона	Подвижность смвси	Тип песка	Заполнители, мм	
				гравий	щебень
1	М100	Ж1	Строительный крупный	–	70, гранитный
2	М200	ПЗ	Строительный мелкий	20, из изверженных пород	–
3	М300	П1	Гранитный	–	10, известняковый

Окончание табл. 2.3

Вариант	Марка бетона	Под- вижность смвси	Тип песка	Заполнители, мм	
				гравий	щебень
4	M150	Ж2	Строительный мелкий	10, известняко- вый	–
5	M400	П2	Гранитный	–	40, гранитный
6	M300	Ж3	Строительный крупный	40, из извержен- ных пород	–
7	M400	П4	Строительный мелкий	–	70, известня- ковый
8	M500	Ж4	Строительный крупный	70, гранитный	–
9	M200	П4	Гранитный	–	40, из извер- женных пород
10	M300	Ж3	Гранитный	–	20, гранитный

Таблица 2.4

Характеристики основных сырьевых материалов для получения бетонов

Материал	Насыпная плотность, кг/м ³	Истинная плотность, кг/м ³
Цемент	1100–1350	2850–3100
Гранитный щебень	1400–1600	2600–2700
Гранитный песок	1400–1500	2300–2500
Щебень из изверженных пород	1450–1470	2600–2690
Известняковый щебень	1300–1350	2500–2560
Строительный песок: крупный мелкий сухой мелкий мокрый	1400–1900 1370–1560 1900–2500	2630–2700

Таблица 2.5

Рекомендуемые для бетона марки цемента

Марка бетона	Марка цемента
M100	M300
M150	M400
M200	M400
M300	M500
M400	M600
M500	M600

Таблица 2.6

Значения коэффициентов A и A_1

Заполнитель	Коэффициент	
	A	A_1
Высокого качества	0,65	0,43
Рядовой, в том числе гравий	0,60	0,40
Пониженного качества, в том числе мелкий песок	0,55	0,37

Таблица 2.7

**Ориентировочный расход воды на 1 м³ бетонной смеси
на плотных заполнителях**

Показатель смеси	Жесткость по ГОСТу 10181.1-81	Подвижность, см	Расход воды, л/м ³ , при крупности, мм							
			гравия				щебня			
			10	20	40	70	10	20	40	70
Ж0	31	–	150	135	125	120	160	150	135	130
Ж1	30...21	–	160	145	130	125	170	160	145	140
Ж2	20...11	–	165	150	135	130	175	165	150	155
Ж3	10...5	–	175	160	145	140	185	175	160	155
П1	–	1...4	190	175	160	155	200	190	175	170
П2	–	5...9	200	185	170	165	210	200	185	180
П3	–	10...15	215	205	190	180	225	215	200	190
П4	–	16 и более	225	220	205	195	235	230	215	205

Таблица 2.8

Значения коэффициента α для подвижных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м ³	Коэффициент α при В/Ц*					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	–	–	–	1,26	1,32	1,38
300	–	–	1,3	1,36	1,42	–
350	–	1,32	1,38	1,44	–	–
400	1,31	1,40	1,46	–	–	–
500	1,44	1,52	1,56	–	–	–
600	1,52	1,56	–	–	–	–

* В/Ц – водоцементное отношение.

Таблица 2.9

Виды бетонов по плотности

Тип бетона	Плотность, кг/м ³
Особо тяжелые	свыше 2500
Тяжелые обыкновенные	2200...2500
Облегченные	1800...2200
Легкие	500...1800
Особо легкие	менее 500

Контрольная работа № 2

Данная контрольная работа содержит четыре теоретических вопроса, пятое творческое задание и одну расчетную задачу.

В соответствии с заданием 5 необходимо изобразить (графически) принципиальную технологическую схему одного из видов производ-

ства строительных материалов и дать ее описание с указанием технологических параметров процессов. Следует обратить внимание на то, что технологическая схема должна быть представлена в виде условных обозначений аппаратов с указанием материальных, тепловых и энергетических потоков [10]. Графические изображения основного технологического оборудования представлены в приложении.

Ниже представлены теоретические вопросы для каждого варианта.

Вариант № 1

1. Классификация стекла и стеклокристаллических материалов и изделий. Основные понятия и термины. Области применения.

2. Получение листового стекла на расплаве металла (флоат-способ).

3. Формование керамических порошкообразных масс: прессование, разновидности полусухого прессования: метод гидростатического (изостатического) прессования, метод горячего прессования, трамбование. Аппаратурное оформление процесса формования порошкообразных масс.

4. Производство тонкой керамики. Виды изделий тонкой керамики. Фарфор и фаянс. Основные различия между фарфором и фаянсом. Требования, предъявляемые к технологическому процессу производства фарфора и фаянса.

5. Изобразите графически принципиальную технологическую схему производства одного из видов строительных материалов.

Вариант № 2

1. Классификация стекла и стеклокристаллических материалов и изделий. Основные понятия и термины. Области применения.

2. Производство стекловолокна. Производство непрерывного и штапельного стеклянного волокна. Одностадийный и двухстадийный способы производства непрерывного волокна.

3. Характеристика сырьевых материалов для производства керамических материалов и изделий строительного назначения.

4. Производство керамических теплоизоляционных изделий.

5. Изобразите графически принципиальную технологическую схему производства одного из видов строительных материалов.

Вариант № 3

1. Основные свойства стекол.

2. Технология производства светопропускающих изделий из стекла.

3. Сушка полуфабрикатов изделий: аппаратное оформление процесса. Удаление из полуфабриката термопластичного связующего.
4. Производство изделий тонкой керамики (фарфора, фаянса).
5. Изобразите графически принципиальную технологическую схему производства одного вида силикатного материала (изделия).

Вариант № 4

1. Материалы, входящие в состав стекла (основные и вспомогательные).
2. Технология получения листового стекла флоат-способом. Технические характеристики технологических линий по изготовлению полированного стекла флоат-способом.
3. Формование пластичных масс. Способы пластического формования: выдавливание (экструзия) массы, допрессовка (штампование), раскатка в тела вращения. Аппаратное оформление процесса формования пластических масс.
4. Технология искусственных пористых заполнителей: производство керамзита.
5. Изобразите графически принципиальную технологическую схему производства одного вида силикатного материала (изделия).

Вариант № 5

1. Подготовка сырья и приготовление стекольной шихты.
2. Характеристика способов формования стеклоизделий. Вытягивание листового стекла лодочным и безлодочным способами. Вытягивание труб.
3. Роль процесса сушки в технологии керамических материалов и изделий. Теоретические основы сушки. Состояние материала по отношению к окружающей среде. Адсорбционная, кристаллизационная и химически связанная вода.
4. Технология получения керамических масс (грубозернистых и тонкодисперсных).
5. Изобразите графически принципиальную технологическую схему производства одного вида силикатного материала (изделия).

Вариант № 6

1. Высокотемпературные процессы при получении стекла. Физико-химические процессы, протекающие при варке стекла.
2. Характеристика способов формования стеклоизделий. Прокат. Прессование. Выдувание. Пресс-выдувание.

3. Формование суспензий: литье из шликеров. Способы формования методом литья: литье из водных суспензий в пористые формы, горячее литье из суспензий на основе расплавленной пластичной связки. Горячее литье из шликеров.

4. Технология изготовления керамических изделий для наружных и внутренних облицовок: производство керамической плитки.

5. Изобразите графически принципиальную технологическую схему производства одного вида силикатного материала (изделия).

Вариант № 7

1. Пороки стекломассы. Камни и свиля в стекле. Причины образования пороков и пути их устранения. Их влияние на свойства стеклянных изделий.

2. Получение стеклопрофилита (стеклянного бруса, швеллера, двутавра и т. д.).

3. Формование пластичных керамических масс.

4. Технология производства керамического кирпича пластическим способом формования.

5. Изобразите графически принципиальную технологическую схему производства одного вида силикатного материала (изделия).

Вариант № 8

1. Формование стеклоизделий. Способы формования.

2. Производство ситаллов. Направленная объемная кристаллизация стекол. Классификация стеклокристаллических материалов. Основы технологии получения ситаллов. Основные свойства и области применения ситаллов.

3. Производство огнеупоров. Классификация огнеупоров. Основные требования, предъявляемые к огнеупорам. Алюмосиликатные огнеупоры. Кремнеземистые огнеупоры. Магнезиальные огнеупоры. Свойства огнеупоров и области их применения. Производство огнеупорных керамических материалов.

4. Технология искусственных пористых заполнителей: производство аглопорита.

5. Изобразите графически принципиальную технологическую схему производства одного вида силикатного материала (изделия).

Вариант № 9

1. Отжиг и закалка стекла. Временные и остаточные напряжения в стеклоизделиях. Распределение напряжений в отожженных и закаленных стеклах.

2. Технология производства многослойного стекла-триплекса.
3. Твердофазовый синтез и твердофазовое спекание. Химические процессы, протекающие при повышенных температурах между частицами твердых веществ. Жидкофазовый синтез и жидкофазовое спекание.
4. Технология производства керамической черепицы и дренажных труб.
5. Изобразите графически принципиальную технологическую схему производства одного вида силикатного материала (изделия).

Вариант № 10

1. Влияние свойств стекломассы на процесс формования. Свойства стекольного расплава: вязкость, скорость затвердевания, поверхностное натяжение. Понятие о «длинных» и «коротких» стеклах. Выбор способа формования стеклоизделий.
2. Получение пеностекла.
3. Обжиг керамических изделий. Тепловые агрегаты для обжига сформованного полуфабриката изделий. Кольцевые печи. Туннельные печи. Роликовые щелевые печи.
4. Производство санитарно-технической керамики. Стройфарфор. Требования, предъявляемые к стройфарфору. Основные свойства и области применения изделий.
5. Изобразите графически принципиальную технологическую схему производства одного вида силикатного материала (изделия).

Задача № 1. Расчет состава стекольной шихты и производственной программы выпуска стеклянных изделий

Подобрать сырьевые материалы и рассчитать состав шихты для получения стекла заданного химического состава (табл. 2.10). Химический состав сырьевых материалов приведен в табл. 2.11. Рассчитать годовую производственную программу выпуска стеклянных изделий в соответствии с табл. 2.12.

Таблица 2.10

Химический состав стекла

Вариант	Состав стекла (в процентах по массе)						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	F	Na ₂ O	B ₂ O ₃
1	68	2	9,5	4	–	16,5	–
2	72,5	1	8,5	3,5	–	14,5	–
3	72,5	1,8	6,8	4,3	–	14,6	–

Вариант	Состав стекла (в процентах по массе)						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	F	Na ₂ O	B ₂ O ₃
4	79,5	2	0,6	–	–	5	12,9
5	67,4	1,4	9,2	3,2	–	18,8	–
6	74,5	0,8	5,4	3,5	–	15,8	–
7	63,5	15,5	13	4	2	2	–
8	80,5	2,0	0,5	–	–	5	12
9	73	1,0	6,5	3,5	–	16	–
10	64,3	9,2	2,7	–	6,5	17,3	–

Таблица 2.11

Химический состав сырьевых материалов

Материал	Состав сырья (в процентах по массе)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	F	B ₂ O ₃	ППП
Кварцевый песок	98,5	1,0	0,1	0,2	0,1	–	–	–	0,1
Мел	1,78	1,0	0,27	54,1	0,16	–	–	–	42,69
Доломит	1,45	1,1	0,2	31,8	20,25	–	–	–	45,2
Сода	–	–	–	–	–	57,2	–	–	42,8
Глинозем	0,5	97,6	0,1	0,3	–	–	–	–	1,5
Борная кислота	–	–	–	–	–	–	–	56,45	43,55
Плавленый шпат	–	–	–	51,2	–	–	48,8	–	–

Таблица 2.12

Производственная программа выпуска стеклянных изделий

Вариант	Определить необходимое количество сырьевых материалов для выполнения производственной программы по выпуску
1	10 млн. м ² условного 2-миллиметрового полированного листового стекла. Ассортимент производимого стекла по толщине: 4 мм – 40%; 6 мм – 60%.
2	25 млн. м ² условного 2-миллиметрового листового оконного стекла. Ассортимент производимого стекла по толщине: 2 мм – 20%; 4 мм – 50%; 6 мм – 30%.
3	16 млн. м стеклянных труб с толщиной стенок 1 мм методом горизонтального вытягивания. Ассортимент производимых изделий: Ø10 мм – 20%; Ø20 мм – 40%; Ø40 мм – 40%.
4	10 млн. м термостойких стеклянных труб с толщиной стенок 10 мм методом вертикального безлодочного вытягивания. Ассортимент производимых изделий: Ø50 мм – 25%; Ø100 мм – 25%; Ø200 мм – 50%.

Вариант	Определить необходимое количество сырьевых материалов для выполнения производственной программы по выпуску
5	1 тыс. художественно-декоративных изделий методом ручного выдувания. Ассортимент изделий: статуэтка массой 250 г – 60%; декоративная ваза весом 560 г – 40%.
6	25 млн. единиц стеклянной тары методом выработки изделий на прессовыдувной машине. Ассортимент изделий: банка емкостью 0,5 л – 40%; 1 л – 30%; 3 л – 30%.
7	5 млн. м ² условного 2-миллиметрового листового стекла. Ассортимент производимого стекла по толщине: 4 мм – 20%; 6 мм – 40%; 8 мм – 40%.
8	20 млн. единиц лабораторной стеклянной посуды методом выработки изделий на вакуумном автомате. Ассортимент изделий: стакан емкостью 0,1 л – 40%; 0,25 л – 25%; 0,5 л – 35%.
9	0,6 млн. м криволинейных тонкостенных трубок специального назначения с толщиной стенок 1 мм методом ручного вытягивания. Ассортимент производимых изделий: Ø5 мм – 10%; Ø10 мм – 40%; Ø20 мм – 50%.
10	2 млн. м ² условного 2-миллиметрового оптического стекла лодочным способом. Ассортимент производимого стекла по толщине: 2 мм – 20%; 3 мм – 45%; 5 мм – 35%.

3. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ

3.1. Расчет сырьевой смеси для получения вяжущих веществ

Для получения портландцемента, глиноземистого цемента и других вяжущих веществ сырьевая смесь составляется из двух и большего числа сырьевых компонентов. В этих случаях производится расчет сырьевой смеси, цель которого определить количественное соотношение составных частей.

Состав портландцементного клинкера характеризуется:

- содержанием составляющих – оксидов;
- содержанием главных составляющих – минералов;
- значениями коэффициента насыщения (КН) и модулей (n , p).

Содержание основных оксидов в портландцементном клинкере колеблется в следующих пределах, мас. %: CaO – 61–66; SiO₂ – 21–24; Al₂O₃ – 4–8; Fe₂O₃ – 2–5; MgO, SO₃ и др. – 1,5–4,0.

Содержание главных клинкерных минералов в рядовом портландцементном клинкере колеблется в следующих пределах, мас. %: 3CaO·SiO₂ – 50–63; 2CaO·SiO₂ – 18–25; 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ – 10–20; 3CaO·Al₂O₃ – 4–11; второстепенные фазы – 2–5.

Коэффициент насыщения (КН) – показатель, характеризующий полноту насыщения кремнезема оксидами кальция в процессе клинкерообразования.

Коэффициент насыщения рассчитывается по формуле

$$КН = \frac{(CaO_{\text{общ}} - CaO_{\text{св}}) - (1,65Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3 + 0,70SO_3)}{2,8(SiO_{2\text{общ}} - SiO_{2\text{св}})},$$

где числитель представляет собой количество CaO, которое фактически остается в клинкере и приходится на долю силикатов после насыщения прочих кислотных оксидов (Al₂O₃, Fe₂O₃), а знаменатель – теоретическое количество CaO, которое необходимо для связывания всего кремнезема в трехкальциевый силикат. Предельная величина КН, при которой силикаты представлены только трехкальциевым силикатом, равна 1; низшая, при которой в клинкере присутствует только 2CaO·SiO₂, равна 0,67. При КН > 1 в клинкере появляется несвязанный CaO, при КН < 0,67 образуются низкоактивные цементные соединения, т. е. область составов портландцементного клинкера находится в пределах КН = 0,67–1.

Если при взаимодействии оксида кальция с Al_2O_3 и Fe_2O_3 в клинке образуются предельно насыщенные оксидом кальция соединения (соединения наивысшей основности – $3CaO \cdot Al_2O_3$ и $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$), то при взаимодействии CaO и SiO_2 наряду с предельно основным силикатом $3CaO \cdot SiO_2$ образуются также соединения с меньшей основностью – $2CaO \cdot SiO_2$.

Силикатный (кремнеземистый модуль) (n) представляет собой отношение содержания кремнезема к суммарному содержанию полуторных оксидов, мас. %:

$$n = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}.$$

Значения модуля в промышленных клинкерах изменяется в пределах 1,7–3,6.

Глиноземный (алюминатный) модуль (p) представляет собой отношение содержания оксида алюминия к содержанию оксида железа (III), мас. %:

$$p = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}.$$

В обычных промышленных клинкерах значения модуля составляет 0,9–3,0.

Характеристика проектируемого клинкера обычно задается коэффициентом насыщения и модулями или процентным содержанием основных клинкерных минералов. Для получения заданного состава клинкера смесь должна состоять из определенного числа компонентов. В зависимости от числа компонентов различают двух-, трех-, четырехкомпонентную сырьевую смесь. Взаимосвязь между количеством компонентов и характеристиками клинкера показана в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Характеристика клинкера в зависимости от количества компонентов сырьевой смеси

Характеристики, которые задаются	Заданный минералогический состав	Необходимое количество компонентов в сырьевой смеси
КН, n , p	C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF	4
КН, n	C_3S , C_2S	3
КН, p	C_3S , C_2S , C_3A	3
КН	C_3S , C_2S	2

3.2. Расчет трехкомпонентной сырьевой смеси для получения портландцемента

При расчете трехкомпонентной сырьевой смеси задают две характеристики состава портландцементного клинкера: коэффициент насыщения, силикатный или глиноземный модули.

В том случае, если силикатный модуль является второй заданной характеристикой, выбор третьего компонента (корректирующей добавки) зависит от необходимости повысить или снизить величину силикатного модуля.

В первом случае таким компонентом служит материал, обогащенный кремнеземом (трепел, глина с высоким содержанием кремнезема, песок и др.), во втором – материал, обогащенный глиноземом или оксидом железа (пиритные огарки, железные руды, бокситы и др.). Глиноземный или железосодержащий материал как корректирующая добавка выбирается в зависимости от того, как необходимо изменить глиноземный модуль одновременно с силикатным. Если второй заданной характеристикой является глиноземный модуль, то для повышения его значения обычно используют высокоглиноземистую глину или бокситы, а для снижения – пиритные огарки и железную руду. Введение добавок для корректирования глиноземного модуля одновременно снижает величину силикатного модуля. Если состав клинкера задан величиной КН и силикатным модулем, то принимаем, что в сырьевой смеси на одну массовую часть третьего компонента приходится x частей первого компонента и y частей второго компонента, содержащих соответственно

$$C_0 = \frac{x C_1 + y C_2 + C_3}{x + y + 1}; \quad A_0 = \frac{x A_1 + y A_2 + A_3}{x + y + 1};$$
$$S_0 = \frac{x S_1 + y S_2 + S_3}{x + y + 1}; \quad F_0 = \frac{x F_1 + y F_2 + F_3}{x + y + 1},$$

где C_0, A_0, S_0, F_0 – величины, характеризующие количество основных оксидов в сырьевой смеси, которые необходимо подставить в следующие формулы:

$$\text{КН} = \frac{C_0 - 1,65 A_0 + 0,35 F_0}{2,8 S_0}; \quad n = \frac{S_0}{A_0 + F_0}.$$

После подстановки C_0, A_0, S_0, F_0 получим систему двух линейных уравнений с двумя неизвестными:

$$x(C_1 - 2,8S_1 \cdot \text{КН} - 1,65A_1 - 0,35F_1) + y(C_2 - 2,8S_2 \cdot \text{КН} - 1,65A_2 - 0,35F_2) = 2,8S_3 \cdot \text{КН} + 1,65A_3 + 0,35F_3 - C_3;$$

$$x(S_1 - nA_1 - nF_1) + y(S_2 - nA_2 - nF_2) = nA_3 - nF_3 - S_3.$$

Для удобства принимаем следующие сокращения:

$$a_1 = C_1 - 2,8S_1 \cdot \text{КН} - 1,65A_1 - 0,35F_1;$$

$$b_1 = C_2 - 2,8S_2 \cdot \text{КН} - 1,65A_2 - 0,35F_2;$$

$$c_1 = 2,8S_3 \cdot \text{КН} + 1,65A_3 + 0,35F_3 - C_3;$$

$$a_2 = S_1 - nA_1 - nF_1;$$

$$b_2 = S_2 - nA_2 - nF_2;$$

$$c_2 = nA_3 - nF_3 - S_3.$$

Подставив эти сокращения в линейные уравнения, получим:

$$a_1x + b_1y = c_1;$$

$$a_2x + b_2y = c_2.$$

Решив данную систему уравнений с двумя неизвестными, получим следующие значения x и y :

$$x = \frac{c_1b_2 - c_2b_1}{a_1b_2 - a_2b_1}; \quad y = \frac{a_1c_2 - a_2c_1}{a_1b_2 - a_2b_1}.$$

Используя эти выражения, дальнейший расчет состава сырьевой смеси и клинкера выполняют в том же порядке, как и для двухкомпонентной сырьевой смеси.

Если состав клинкера задан значением КН и глиноземным модулем, то величины C_0 , A_0 , S_0 , F_0 подставляют в формулы

$$\text{КН} = \frac{C_0 - 1,65A_0 + 0,35F_0}{2,8S_0}; \quad p = \frac{A_0}{F_0}.$$

Пример. Рассчитать трехкомпонентную сырьевую смесь. Химический состав исходных материалов, пересчитанный на 100%, приведен в табл. 3.2.

Таблица 3.2.

Химический состав исходных компонентов

Наименование компонента	Состав, мас. %						Сумма	n	p
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	ППП			
Известняк	0,152	0,506	0,303	55,08	0,496	43,46	100	0,19	1,67
Глина	65,148	15,822	5,791	2,688	–	10,548	100	3,0	2,73
Магнетит	4,148	0,104	70,51	13,687	–	11,551	100	0,06	0,01

Выбираем величину коэффициента насыщения $KH = 0,9$ и силикатного модуля $n = 2,0$.

Силикатный модуль глины значительно превышает заданную величину. Низший силикатный модуль известняка лишь незначительно снизит силикатный модуль сырьевой смеси, так как содержание в известняке кислотных оксидов весьма мало. В связи с тем, что с понижением величины силикатного модуля следует понизить и величину глиноземного модуля, в качестве третьего компонента выбираем магнезит, т. е. материал, богатый оксидом железа.

Определяем соотношение между сырьевыми компонентами:

$$\begin{aligned}
 a_1 &= 55,08 - 2,8 \cdot 0,152 \cdot 0,9 - 1,65 \cdot 0,506 - 0,35 \cdot 0,303 = 53,756; \\
 a_2 &= 0,152 - 2,0 \cdot 0,506 - 2,0 \cdot 0,303 = -1,466; \\
 b_1 &= 2,688 - 2,8 \cdot 65,148 \cdot 0,9 - 1,65 \cdot 15,822 - 0,35 \cdot 5,791 = \\
 &= -189,618; \\
 b_2 &= 65,148 - 2,0 \cdot 15,822 - 2,0 \cdot 5,791 = 21,922; \\
 c_1 &= 2,8 \cdot 4,148 \cdot 0,9 + 1,65 \cdot 0,104 + 0,35 \cdot 7,051 - 13,687 = \\
 &= 21,6861; \\
 c_2 &= 2,0 \cdot 0,104 + 2,0 \cdot 70,51 - 4,148 = 137,08; \\
 x &= \frac{21,6821 \cdot 21,922 - 137,08(-189,618)}{53,756 \cdot 21,922 - (-1,466)(-189,618)} = 29,39; \\
 y &= \frac{53,756 \cdot 137,08 - (-1,466)21,6861}{53,756 \cdot 21,922 - (-1,466)(-189,618)} = 8,21.
 \end{aligned}$$

Следовательно, в сырьевой смеси на 1 мас. ч. магнезита приходится 29,39 мас. ч. известняка и 8,21 мас. ч. глины.

Состав сырьевой смеси мас. %:

$$\begin{aligned}
 \text{Известняк} &= \frac{29,39}{1 + 29,39 + 8,21} = 76,14; \\
 \text{Глина} &= \frac{8,21}{1 + 29,39 + 8,21} 100 = 21,26; \\
 \text{Магнезит} &= \frac{1}{1 + 29,39 + 8,21} 100 = 2,6.
 \end{aligned}$$

Вычисляем химический состав сырьевой смеси и клинкера (табл. 3.3.)

Таблица 3.3

Подсчет химического состава сырьевой смеси и клинкера

Наименование компонента	Содержание оксида, мас. %						Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	ППП	
Известняк, 76,14 мас. %	0,116	0,385	0,23	41,94	0,377	33,09	76,14
Глина, 21,26 мас. %	13,86	3,36	1,231	0,571	–	2,24	21,26
Магнетит, 2,6 мас. %	0,108	0,003	1,833	0,355	–	0,3	2,6
Состав сырьевой смеси	14,084	3,748	3,294	42,866	0,377	35,63	100
Состав клинкера	21,88	5,82	5,12	66,57	0,59	–	100

$$KH = \frac{66,57 - 1,65 \cdot 5,82 - 0,35 \cdot 5,12}{2,8 + 21,88} = 0,9;$$

$$n = \frac{21,88}{5,82 + 5,12} = 2; \quad p = \frac{5,82}{5,12} = 1,13.$$

Полученные значения коэффициента насыщения и силикатного модуля показывают, что расчет сырьевой смеси проведен правильно.

3.3. Расчет состава сырьевых шихт для получения стекла

При расчете состава шихты исходят из заданного химического состава стекла, выраженного в массовых или мольных процентах, а также химического состава сырьевых материалов, применяемых для варки стекла.

При расчете состава шихты допускают, что стекло образуется только из оксидов, а ангидриты соответствующих кислот и вода в результате термической диссоциации полностью улетучиваются. Допускают также, что летучесть самих оксидов незначительна.

В действительности при варке стекла происходит достаточно полное разложение углекислых и азотокислых солей; разложение сульфатов обычно полностью не завершается, но их количество незначительно, поэтому им пренебрегают. Потери борного ангидрида, фтора и некоторых других материалов более значительны, и их необходимо учитывать при расчетах. В среднем в процессе варки стекла в промышленных стекловаренных печах улетучивается следующее количество оксидов, мас. %: B₂O₃ – 15; PbO – 1,4; ZnO – 4; K₂O – 12; Na₂O – 3,2 и F₂ – 30.

Обычно состав шихты рассчитывают на 100 мас. ч. песка или на 100 мас. ч. стекломассы. Второй метод предпочтителен, так как дает более ясное представление о составе стекла, а в условиях производства значительно упрощает калькуляцию себестоимости готовой стекломассы.

Пример. Расчет состава шихты для варки листового оконного стекла.

Необходимо рассчитать состав шихты для варки стекла следующего химического состава, мас. %: SiO_2 – 71,0; Al_2O_3 – 1,5; CaO – 8,5; MgO – 3,5; Na_2O – 15,5. Химический состав сырьевых материалов, которые используются для введения в состав шихты вышеуказанных оксидов, приведен в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Химический состав сырьевых материалов

Сырьевые материалы	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO_2	Na_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	ППП
Песок	98,95	–	0,56	–	0,64	0,13	0,11
Сода	–	57,20	–	–	–	–	42,8
Мел	1,47	–	53,9	–	–	0,60	43,9
Доломит	3,20	–	27,06	19,62	2,57	0,53	47,77
Технический глинозем	0,40	–	0,35	–	97,90	0,05	1,29

Чтобы определить необходимое количество каждого материала в составе шихты, составляют расчетные уравнения. Количество таких уравнений равно числу оксидов, содержащихся в стекле.

Составляем уравнение для определения содержания в стекле SiO_2 . Для этого обозначим:

количество песка – x ;

количество доломита – y ;

количество технического глинозема – z ;

количество соды – t ;

количество мела – g .

SiO_2 вводят в стекло с помощью песка, при этом на 100 мас. ч. стекломассы с песком будет введено $(0,9895x)$ SiO_2 . Кроме того, SiO_2 будет введен в шихту с мелом $(0,0147g)$, доломитом $(0,032y)$ и техническим глиноземом $(0,004z)$.

В 100 мас. ч. стекломассы должна быть 71 мас. ч. SiO_2 , то для SiO_2 уравнение имеет следующий вид:

$$71 = 0,9895x + 0,0147g + 0,032y + 0,004z.$$

Таким образом составляем уравнения и для других оксидов, входящих в состав стекла.

$$\text{Для CaO: } 8,5 = 0,539g + 0,2706y + 0,0056x + 0,0035z.$$

$$\text{Для Al}_2\text{O}_3: 1,5 = 0,979z + 0,0257y + 0,0064x.$$

$$\text{Для MgO: } 3,5 = 0,1962y.$$

$$\text{Для Na}_2\text{O: } 15,5 = 0,572t.$$

Содержание Fe_2O_3 не задается, поэтому для оксида железа уравнение не составляется.

Решая уравнения, находим значения неизвестных: $x = 71,09$; $y = 17,84$; $z = 0,60$; $g = 6,08$; $t = 27,10$.

В процессе варки улетучивается 3,2% соды, поэтому ее количество необходимо соответственно увеличить:

$$27,1 \cdot 1,032 = 27,97 \text{ мас. ч.}$$

Таким образом, в состав шихты на 100 мас. ч. стекломассы следует ввести:

песка – 71,09;

доломита – 17,84;

технического глинозема – 0,60;

соды – 27,97;

мела – 6,08.

Всего: 123,58 мас. ч.

Определим количество оксидов, %, вводимых в стекломассу с песком:

$$\text{SiO}_2 = \frac{71,09 \cdot 98,95}{100} = 70,34; \quad \text{CaO} = \frac{71,09 \cdot 0,58}{100} = 0,41;$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{71,09 \cdot 0,64}{100} = 0,46; \quad \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{71,09 \cdot 0,13}{100} = 0,092;$$

доломитом:

$$\text{SiO}_2 = \frac{17,84 \cdot 3,2}{100} = 0,57; \quad \text{CaO} = \frac{17,84 \cdot 27,06}{100} = 4,83;$$

$$\text{MgO} = \frac{17,84 \cdot 19,62}{100} = 3,50; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{17,84 \cdot 2,57}{100} = 0,46;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{17,84 \cdot 0,53}{100} = 0,095;$$

техническим глиноземом:

$$\text{SiO}_2 = \frac{0,60 \cdot 0,40}{100} = 0,002; \quad \text{CaO} = \frac{0,60 \cdot 0,35}{100} = 0,002;$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{0,60 \cdot 97,9}{100} = 0,59;$$

содой:

$$\text{Na}_2\text{O} = \frac{27,97 \cdot 57,2}{100} = 15,50;$$

мелом:

$$\text{SiO}_2 = \frac{6,08 \cdot 1,47}{100} = 0,09; \quad \text{CaO} = \frac{6,08 \cdot 53,9}{100} = 3,28;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{6,08 \cdot 0,6}{100} = 0,036.$$

Окончательный состав шихты и стекла, полученный по расчету, представлен в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Расчетный состав шихты и стекла

Сырьевые материалы	Количество материала на 100 мас. ч. стекломассы, мас. ч.	Содержание оксидов, мас. %						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	Σ
Песок	71,09	70,34	0,46	0,41	—	—	0,092	—
Доломит	17,84	0,57	0,46	4,83	3,50	—	0,096	—
Технический глинозем	0,60	0,002	0,59	0,002	—	—	—	—
Сода	27,97	—	—	—	—	15,50	—	—
Мел	6,08	0,09	—	3,28	—	—	0,036	—
Всего	123,58	71,00	1,50	8,51	3,50	15,50	0,21	100,22*
Состав стекла, приведенный к 100%	—	70,86	1,50	8,49	3,49	15,45	0,21	100,0
Заданный состав стекла	—	71,00	1,50	8,50	3,50	15,50	—	100,0
Отклонение в содержании оксидов	—	0,14	0,0	0,01	0,01	0,05	—	—

* Для приведения состава стекла к 100% находят пересчетный коэффициент (100,22 / 100 = 1,0022), на который делят суммарное содержание отдельных оксидов во всех сырьевых материалах.

Количество полученного стекла, %, определяют из соотношения

123,58 мас. ч. шихты – 100 мас. ч. стекла,

100 мас. ч. шихты – x мас. ч. стекла,

где $x = \frac{100 \cdot 100}{123,58} = 80,91$.

Потери при прокаливании в процессе стеклообразования, %:

$100 - 80,91 = 19,09$.

Состав стекла на 100 мас. ч. песка пересчитывают нижеприведенным способом.

Необходимое количество доломита:

71,09 мас. ч. песка – 17,84 мас. ч. доломита,

100 мас. ч. песка – x мас. ч. доломита,

где $x = 25,09$.

Таким же образом пересчитывают количество остальных материалов, мас. ч.:

песок – 100,0;

доломит – 25,09;

глинозем – 0,49;

сода – 39,34;

мел – 8,57.

3.4. Расчет состава бетона на плотных заполнителях

Требуется рассчитать состав тяжелого бетона М400 с активностью $R_6 = 40$ МПа для бетонирования сборных ребристых плит перекрытий пролетом 12 м и расход материалов на замес бетоносмесителем с вместимостью барабана 1200 л.

Исходные данные:

1. Подвижность бетонной смеси для ребристых плит $\Pi = 1-4$ см (принимается по табл. 4.2 издания Л. Н. Попова «Основы технологического проектирования заводов ЖБИ»).

2. Портландцемент активностью $R_{ц} = 52$ МПа.

3. Насыпная плотность цемента $\rho_{н.ц} = 1100$ кг/м³.

4. Насыпная плотность песка $\rho_{н.п} = 1550$ кг/м³.

5. Насыпная плотность щебня $\rho_{н.щ} = 1600$ кг/м³.

6. Истинная плотность цемента $\rho_{ц} = 3000$ кг/м³.

7. Истинная плотность песка $\rho_{п} = 2630$ кг/м³.

8. Истинная плотность щебня $\rho_{щ} = 2650 \text{ кг/м}^3$.

9. Наибольшая крупность зерен щебня = 40 мм.

10. Влажность кварцевого песка $W_{п} = 4\%$.

11. Влажность щебня $W_{щ} = 2\%$.

Водоцентное отношение вычисляем по формуле

$$В/Ц = \frac{AR_{ц}}{(R_б + 0,5AR_{ц})},$$

где A – коэффициент, учитывающий количество заполнителя (табл. 3.6);
 $R_{ц}$ – активность цемента, МПа; $R_б$ – активность (марка) бетона, МПа.

Таблица 3.6

Значения коэффициентов A и A_1

Заполнитель	Коэффициент	
	A	A_1
Высокого качества – чистые фракционированные заполнители из плотных и прочных горных пород	0,65	0,43
Рядовой – заполнители среднего качества, в том числе гравий	0,60	0,40
Пониженного качества – крупный заполнитель низкой прочности, в том числе мелкий песок	0,55	0,37

Принимаем, что $A = 0,65$, тогда

$$В/Ц = \frac{0,65 \cdot 530}{(400 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 530)} = \frac{344,5}{(400 + 172,25)} = 0,60.$$

Расход воды на 1 м^3 бетонной смеси определяем по табл. 3.7 в соответствии с подвижностью смеси ($\Pi_1 = 1-4 \text{ см}$) и наибольшей крупностью заполнителя (40 мм).

Таблица 3.7

Ориентировочный расход воды на 1 м^3 бетонной смеси на плотных заполнителях

Показатель смеси	Жесткость по ГОСТу 10181.1-81	Подвижность, см	Расход воды, л/м ³ , при крупности, мм							
			гравия				щебня			
			10	20	40	70	10	20	40	70
Ж0	31	–	150	135	125	120	160	150	135	130
Ж1	30...21	–	160	145	130	125	170	160	145	140

Показатель смеси	Жесткость по ГОСТу 10181.1-81	Подвижность, см	Расход воды, л/м ³ , при крупности, мм							
			гравия				щебня			
			10	20	40	70	10	20	40	70
Ж2	20...11	–	165	150	135	130	175	165	150	155
Ж3	10...5	–	175	160	145	140	185	175	160	155
П1	–	1...4	190	175	160	155	200	190	175	170
П2	–	5...9	200	185	170	165	210	200	185	180
П3	–	10...15	215	205	190	180	225	215	200	190
П4	–	16 и более	225	220	205	195	235	230	215	205

Исходя из данных таблицы расход воды В для бетонной смеси составит 175 кг.

Расход цемента, кг:

$$Ц = \frac{В}{В/Ц} = \frac{175}{0,6} = 291.$$

Расход щебня в сухом состоянии на 1 м³ бетона:

$$Щ = \frac{1}{\frac{\alpha V_{п.щ}}{\rho_{н.щ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}},$$

где α – коэффициент раздвижки зерен; $V_{п.щ}$ – пустотность щебня; $\rho_{н.щ}$ – насыпная плотность щебня; $\rho_{щ}$ – истинная плотность щебня.

Коэффициент раздвижки зерен α определяем по табл. 3.8, представленной ниже.

Таблица 3.8

Значения коэффициента α для подвижных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м	Коэффициент α при В/Ц					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	–	–	–	1,26	1,32	1,38
300	–	–	1,3	1,36	1,42	–
350	–	1,32	1,38	1,44	–	–
400	1,31	1,40	1,46	–	–	–
500	1,44	1,52	1,56	–	–	–
600	1,52	1,56	–	–	–	–

Таким образом, коэффициент раздвижки зерен $\alpha = 1,35$.

Пустотность щебня находим по формуле

$$V_{п.щ} = 1 - \frac{\rho_{п.щ}}{\rho_{щ}} = 1 - \frac{1600}{2650} \approx 0,4;$$

тогда расход щебня в сухом состоянии, кг, на 1 м³ бетона

$$\text{Щ} = \frac{1}{\frac{1,35 \cdot 0,4}{1600} + \frac{1}{2650}} = \frac{1}{0,0003375 + 0,000377} = \frac{1}{0,0007145} = 1400.$$

Расход песка в сухом состоянии, кг, на 1 м³ бетона:

$$\begin{aligned} \text{П} &= \left(1 - \left(\frac{\text{Ц}}{\rho_{ц}} + \frac{\text{В}}{1000} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{щ}} \right) \right) \rho_{п} = \left(1 - \left(\frac{291}{3000} + \frac{175}{1000} + \frac{1400}{2650} \right) \right) 2630 = \\ &= (1 - (0,097 + 0,175 + 0,528)) 2630 = 526. \end{aligned}$$

Состав бетона вычисляем, учитывая влажность песка (4%) и щебня (2%). Расход заполнителей на 1 м³ с учетом влажности, кг:

$$\text{П} = \frac{526}{100 - 4} 100 = 548.$$

$$\text{В}_{п} = 548 - 526 = 22.$$

$$\text{Щ} = \frac{1400}{100 - 2} 100 = 1428.$$

$$\text{В}_{щ} = 1428 - 1400 = 28.$$

Расход воды в бетонной смеси уменьшаем, кг:

$$\text{В} = 172 - 22 - 28 = 125.$$

Для получения производственного состава бетона, выраженного в соотношениях по массе, расход каждого компонента бетонной смеси делим на расход цемента:

$$\frac{\text{Ц}}{\text{Ц}} : \frac{\text{П}}{\text{Ц}} : \frac{\text{Щ}}{\text{Щ}} = \frac{291}{291} : \frac{548}{291} : \frac{1428}{291} = 1 : 1,88 : 4,9.$$

При водоцементном соотношении $\text{В}/\text{Ц} = 125/291 = 0,43$.

Для определения дозировки составляющих материалов бетонной смеси на замес с помощью бетоносмесителя найдем коэффициент выхода бетона:

$$\beta = 1 \left(\frac{Ц}{\rho_{н.ц}} + \frac{П}{\rho_{н.п}} + Ш_{н.ш} \right) = 1 \left(\frac{291}{1100} + \frac{548}{1550} + \frac{1428}{1600} \right) = 0,66.$$

Расход материалов на один замес бетоносмесителем с полезной емкостью барабана 1,2 м³ (1200 л) определим по следующим формулам, кг:

$$Ц_3 = \frac{Ц \cdot V \cdot \beta}{1000} = \frac{291 \cdot 1200 \cdot 0,66}{1000} = 230;$$

$$В_3 = \frac{В \cdot V \cdot \beta}{1000} = \frac{175 \cdot 1200 \cdot 0,66}{1000} = 138;$$

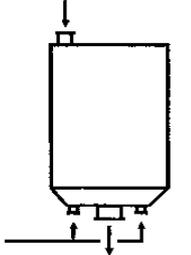
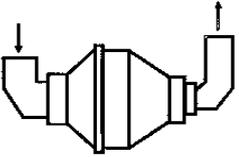
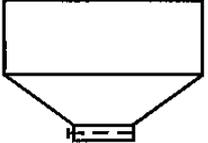
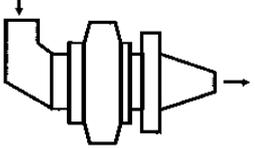
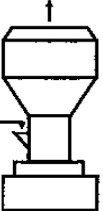
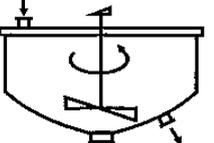
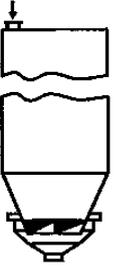
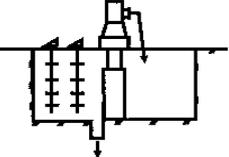
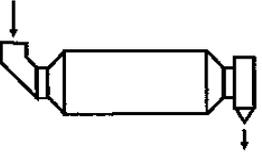
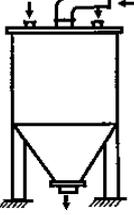
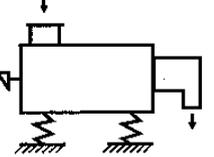
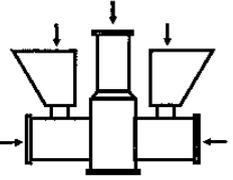
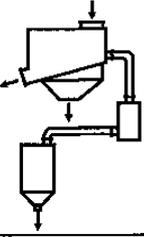
$$П_3 = \frac{П \cdot V \cdot \beta}{1000} = \frac{548 \cdot 1200 \cdot 0,66}{1000} = 434;$$

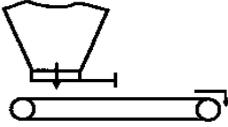
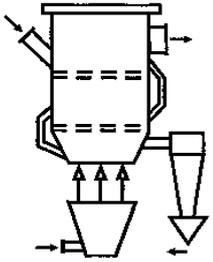
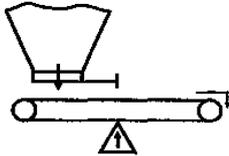
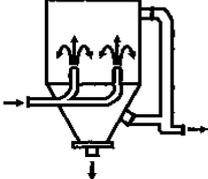
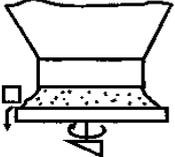
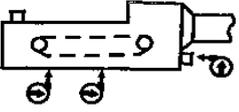
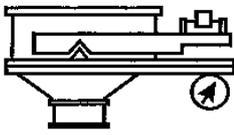
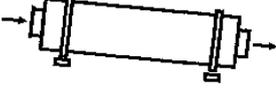
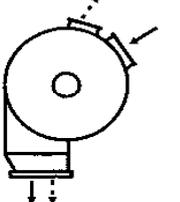
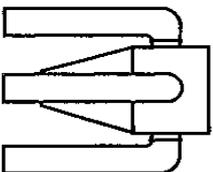
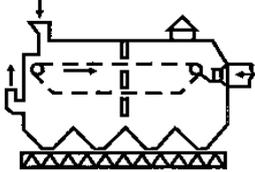
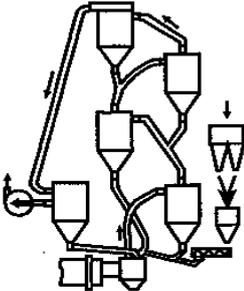
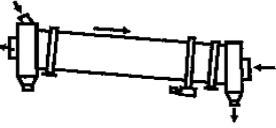
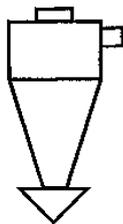
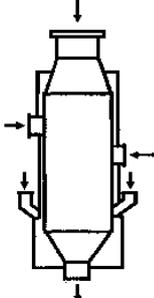
$$Ш_3 = \frac{Ш \cdot V \cdot \beta}{1000} = \frac{1428 \cdot 1200 \cdot 0,66}{1000} = 1131.$$

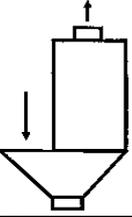
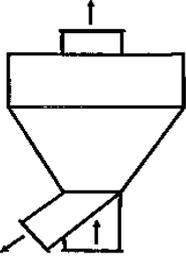
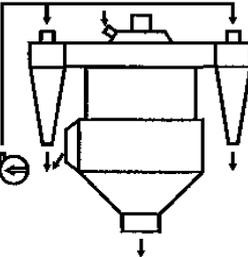
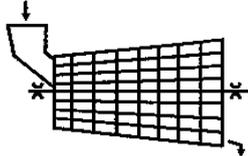
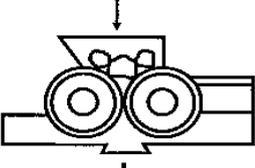
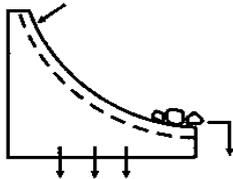
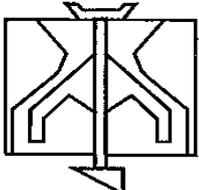
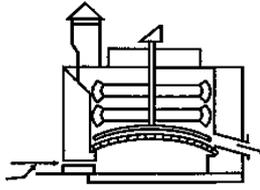
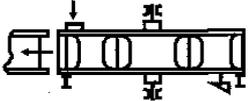
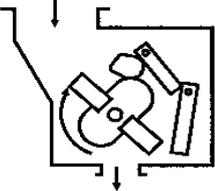
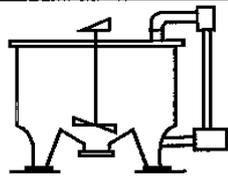
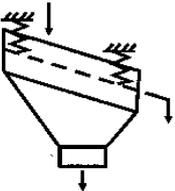
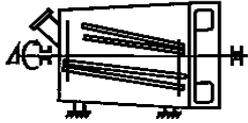
ПРИЛОЖЕНИЕ

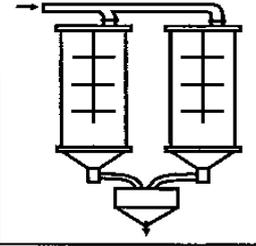
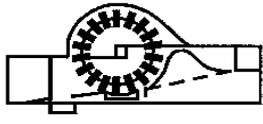
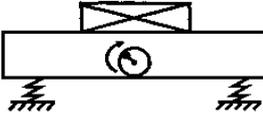
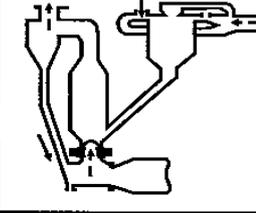
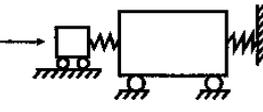
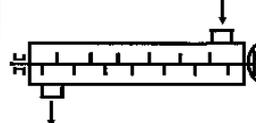
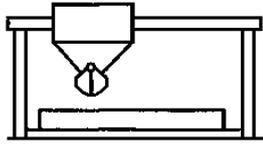
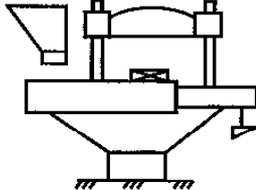
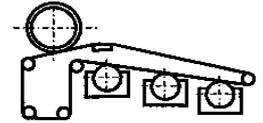
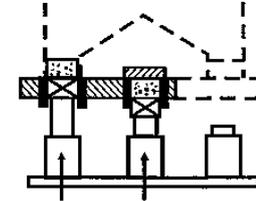
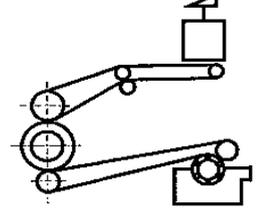
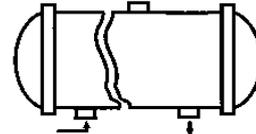
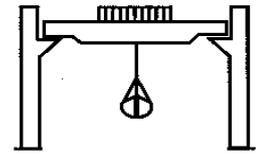
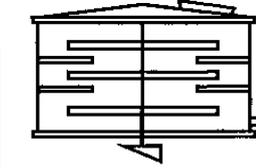
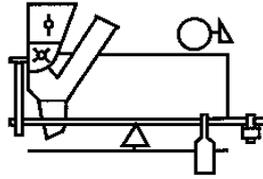
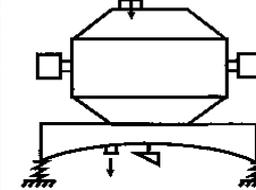
Схематическое изображение основного технологического оборудования

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
Экскаватор		ковшовый	
Бульдозер		аэрожелоб	
		пластинчатый	
Драглайн		Элеватор	
Автосамосвал			
Железнодорожные вагоны: думпкары		Насосы, вентиляторы: пневмокамерный (спаренный)	
хopper		пневмовинтовой	
товарный		центробежный	
цементовоз		вентилятор	
Конвейеры: ленточный		Бункера, силоса, емкости: силос с боковой разгрузкой	
шнековый			
скребковый			

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
силос с центральной разгрузкой		аэрофол	
бункер для сыпучих материалов		гидрофол	
Баки (сборники) для хранения жидкостей		роliko-маятниковая	
суспензий		шахтная	
реактор		Шламбассейны: горизонтальный	
Мельницы: шаровая		вертикальный	
вибрационная		Питатель шламовый: ковшовый	
струйная		реактивный	

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
Дозаторы: ленточный		кипящего слоя	
ленточный (весовой)		Башенная распылительная сушилка	
тарельчатый		Холодильники: колосниковый	
весовой		барабанный	
Концентратор шлама (барабанный)		рекуператорный	
Кальцинатор конвейерный		теплообменник циклонный	
Печи: вращающаяся барабанная		Аспирационное оборудование: циклон	
шахтная			

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
рукавный фильтр		сепаратор проходной	
электрофильтр		сепаратор центробежный	
Дробилки: щековая		сито-бурат	
валковая		сито дуговое	
конусная		Гипсоварочный котел периодического действия	
молотковая		Карусельная машина	
ударно-отрожательная		Гидропушитель	
Сортирующее оборудование: виброгрохот		Мешалка ковшовая	

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
Гомогенизатор		Голендер	
		Виброплощадки: горизонтальная с гармоническими колебаниями	
Декарбонизатор		с горизонтально направленными колебаниями	
Двухвальный смеситель		Бетономешалка	
Пресса: револьверный		Листоформовочная машина	
с возвратно-поступательным движением стола		Трубоформовочная машина	
Автоклав		Кран грейферный	
Газобетоносмеситель		Упаковочная машина	
Виброгазобетономешалка			

ЛИТЕРАТУРА

1. Общий курс строительных материалов: учеб. пособие для строительных специальностей вузов / И. А. Рыбьев [и др.]; под ред. И. А. Рыбьева. – М.: Высш. шк., 1987. – 584 с.
2. Строительные материалы: учеб.-справоч. пособие / под ред. Г. А. Айрапетова, Г. В. Несветаева. – Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2004. – 608 с.
3. Домокеев, А. Г. Строительные материалы: учеб. для строительных вузов / А. Г. Домокеев. – М.: Высш. шк., 1989. – 459 с.
4. Попов, К. Н. Строительные материалы и изделия / К. Н. Попов. – М.: Высш. шк., 2005. – 483 с.
5. Современные строительные материалы и товары: справочник. – М.: Эксмо, 2003. – 576 с.
6. Казнецова, Е. П. Общая технология стекла и стеклянных изделий / Е. П. Казнецова. – М.: Стройиздат, 1983. – 113 с.
7. Павлушкин, Н. М. Практикум по технологии стекла и ситаллов / Н. М. Павлушкин, Г. Г. Сентюрин, Р. Я. Ходаковская. – М.: Издательство литературы по строительству, 1970. – 259 с.
8. Юдин, Н. А. Технология стеклотары и сортовой посуды / Н. А. Юдин, Ю. А. Гуляян. – М.: Стройиздат, 1977. – 337 с.
9. Дудеров, Ю. Г. Расчеты по технологии керамики / Ю. Г. Дудеров, И. Г. Дудеров. – М.: Стройиздат, 1973. – 80 с.
10. Строительная керамика: справочник / под ред. Е. Л. Рохавгера. – М.: Стройиздат, 1976. – 496 с.
11. Волкова, Ф. Н. Общая технология керамических изделий / Ф. Н. Волкова. – М.: Стройиздат, 1989. – 81 с.
12. Августник, А. И. Керамика / А. И. Августник. – Л.: Стройиздат, 1975. – 592 с.
13. Булавин, И. А. Машины и автоматические линии для производства тонкой керамики / И. А. Булавин. – М.: Машиностроение, 1979. – 332 с.
14. Аристов, Г. Г. Шамотное производство / Г. Г. Аристов. – М.: Металлургия, 1975. – 280 с.
15. Сулименко, Л. М. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: учеб. пособие / Л. М. Сулименко, И. Н. Тихомирова. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2000. – 248 с.

16. Сулименко, Л. М. Основы технологии вяжущих материалов: учеб. пособие / Л. М. Сулименко, В. Г. Савельев, И. Н. Тихомирова. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2001. – 167 с.

17. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: учеб. пособие / под ред. А. П. Зубехина. – Новочеркасск: Юж.-Рос. гос. техн. ун-т, 2006. – 283 с.

18. Панкова, Н. А. Стекольная шихта и практика ее приготовления: учеб. пособие / Н. А. Панкова, Н. Ю. Михайленко. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1997. – 80 с.

19. Общая технология силикатов: учебник / под ред. А. А. Пащенко. – Киев: Вища школа, 1983. – 407 с.

20. Бобкова, Н. М. Общая технология силикатов: учебник / Н. М. Бобкова, Е. М. Дятлова, Т. С. Куницкая. – Минск: Выш. шк., 1987. – 288 с.

21. Химическая технология стекла и ситаллов: учебник / под ред. Н. М. Павлушкина. – М.: Стройиздат, 1983. – 431 с.

22. Шаеффер, Н. А. Технология стекла / Н. А. Шаеффер, К. Х. Хойзнер. – Кишинев: СТИ-Print, 1998. – 280 с.

23. Кузьменков, М. И. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: практикум / М. И. Кузьменков, А. А. Сакович. – Минск: БГТУ, 2004. – 172 с.

24. Дятлова, Е. М. Химическая технология керамики и огнеупоров: учеб. пособие / Е. М. Дятлова, В. А. Бирюк. – Минск: БГТУ, 2006. – 284 с.

25. Расчеты химико-технологических процессов: учеб. пособие для вузов / А. Ф. Туболкин [и др.]; под ред. И. П. Мухленева. – Л.: Химия, 1982. – 248 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
1. Программа курса	4
2. Задания для выполнения контрольных работ	14
Контрольная работа № 1	14
Контрольная работа № 2	20
3. Примеры выполнения расчетных заданий	27
3.1. Расчет сырьевой смеси для получения вяжущих веществ	27
3.2. Расчет трехкомпонентной сырьевой смеси для получения портландцемента	29
3.3. Расчет состава сырьевых шихт для получения стекла.....	32
3.4. Расчет состава бетона на плотных заполнителях	36
Приложение	41
Литература	46

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Составитель
Сакович Андрей Андреевич

Редактор *О. А. Бычковская*
Компьютерная верстка *О. А. Бычковская*

Подписано в печать 17.07.2009. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 2,8. Уч.-изд. л. 2,9.
Тираж 75 экз. Заказ .

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13а.
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.