Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт дистанционного образования
Специальность: Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов
Кафедра: Технологии силикатов и наноматериалов

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Проект реконструкции цеха помола ООО «Топкинский цемент»

УДК 666.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З- 5301	Ивачёв Алексей Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лотов Василий Агафонович	Доктор технических наук, Профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:
По разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу: «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Антоневич Ольга Алексеевна	доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Погребенков Валерий Матвеевич	Доктор технических наук, Профессор		

Томск - 2016г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт дистанционного образования
Специальность: Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов
Кафедра: Технологии силикатов и наноматериалов

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

_____ _____ _____
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5301	Ивачёв Алексей Викторович

Тема работы:

Проект реконструкции цеха помола ООО «Топкинский цемент»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Валковая дробилка на технологической линии цементной мельницы №6, работающей по замкнутому циклу и установленная на участке между клинкерным бункером и весовым дозатором. Производительность – 55-90 т/ч. Режим работы – непрерывный. Вид сырья или материал изделия – клинкер. Требование к продукту (выходящая фракция) – 3-5 мм, тонкость помола (остаток на сите 008) – 1-4%, $S_{уд} \leq 3500$ Требования к оборудованию – исключение попадания мелющих тел и снижение выбросов запыленного воздуха с значением не более 14 г/нм^3.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Снижение фракции клинкера перед размолом с целью увеличения производительности цементной мельницы и снижению затрат энергоресурсов
Перечень графического материала	1. Общий план цеха 2. Валковая дробилка 3. Разрез цеха «Помол» с привязкой валковой

	дробилки 4. Технологическая схема помола цемента на цементной мельнице №6 5. Графики безубыточности
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы *(с указанием разделов)*	
Раздел	**Консультант**
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лотов Василий Агафонович	Доктор технических наук, Профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З - 5301	Ивачёв Алексей Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З - 5301	Ивачев Алексей Викторович

Институт		**Кафедра**	
Уровень образования		**Направление/специальность**	

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
	Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих
	Нормы и нормативы расходования ресурсов
	Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
	Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)
	Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР
	Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР
	Составление бюджета инженерного проекта (ИП)
	Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков
Перечень графического материала	
График безубыточности	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З - 5301	Ивачев Алексей Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З - 5301	Ивачев Алексей Викторович

Институт		**Кафедра**	
Уровень образования		**Направление/специальность**	

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
	1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологичес - кого процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, эл – магнитные поля, ионизирующие излучения); – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, эле – ктрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) -- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
	1. Анализ выявленных **вредных** факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико–химическая природа фактора, его связь с разрабатываемой темой; -- действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);

	-- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 2. Анализ выявленных **опасных** факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности -- механические опасности (источники, средства защиты) -- термические опасности (источники, средства защиты) -- электробезопасность (в т.ч. статическое электричес тво,молниезащита - источники, средства защиты); -- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактичес кие мероприятия, первичные средства пожаротушения); 3. Охрана окружающей среды: - защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 4. Защита в чрезвычайных ситуациях: - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компановке рабочей зоны.
Перечень графического материала:	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Антоневич Ольга Алексеевна	доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З - 5301	Ивачев Алексей Викторович		

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт дистанционного образования
Специальность: Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов
Уровень образования ____Высшее_____
Кафедра: Технологии силикатов и наноматериалов
Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломный проект

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лотов Василий Агафонович	Доктор технических наук, Профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Погребенков Валерий Матвеевич	Доктор технических наук, Профессор		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 151 с.,14 рисунков, 36 таблиц, 40 источников, 1приложение.

Ключевые слова: подготовка сырья для помола, предварительной измельчение, уменьшение фракции входящего сырья.

Объектом исследования является: валковая дробилка установленная на технологической линии цементной мельницы №6, работающей по замкнутому циклу.

Цель работы – увеличение производительности технологической линии цементной мельницы №6, работающей по замкнутому циклу путем снижения размера входящего сырья перед размолом в цементной мельнице, а также снижение затрат энергоресурсов.

В процессе исследования проводились: влияние фракции на процесс помола цемента.

В результате исследования выявлено увеличение производительности цементной мельницы №6, работающей по замкнутому циклу.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: валковая дробилка установлена на промежутке между бункером клинкера и весовым дозатором.

Степень внедрения: проведены теоретические расчеты технологической линии.

Область применения: цех «Помол», цементная мельница №6, работающая по замкнутому кругу.

Экономическая эффективность/значимость работы: увеличение производительности помольного агрегата и снижение затрат энергоресурсов.

В будущем планируется внедрение валковой дробилки в технологическую линию цементной мельницы №6.

Оглавление

Введение 12
1. Общая часть 16
1.1. Общая характеристика завода 16
1.2. Технико-экономическое обоснование реконструкции цеха «Помол» 19
1.3. Характеристика сырьевой базы предприятия ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Карбонатное сырье ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Глинистый компонент ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Гранулированный шлак ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Гипс ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Добавки ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
1.4. Ассортимент выпускаемой продукции. Технические условия. Государственный стандарт на продукцию ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
2. Технологическая часть 20
2.1. Физико-химические основы помола цемента 20
2.2. Кинетика тонкого измельчения материалов 21
2.3. Теоретические основы процесса измельчения клинкера 22
2.4. Работа шаровой загрузки в трубных мельницах 24
2.5. Принципы селективного измельчения цементного зерна 28
2.6. Предварительное дробление перед мельницей 29
2.7. Влияние других факторов при помоле клинкера 30
2.8. Обоснование выбора, краткая характеристика валковой дробилки 32
3. Расчет состава сырьевой смеси ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
3.1. Обоснование выбора состава сырьевой смеси ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
3.2. Расчет материального баланса ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
4. Специальная часть ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Расчет основных параметров мельницы 3,2×15 м ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Расчет корпуса мельницы на прочность ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Расчет болтов, соединяющих фланец барабана с крышкой ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Расчет болтов на усилие затяжки ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Расчет цапфы мельницы ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Расчет подшипника ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Расчет размольной производительности мельницы диаметром 3,2×15м **Ошибка! Закладка не определена.**
Расчет мощности электродвигателя ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение **Ошибка! Закладка не определена.**
5.1. Расчет производственной мощности и производственной программы **Ошибка! Закладка не определена.**
5.2. Расчет материальных затрат ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
5.3. Расчет себестоимости ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
5.4. Анализ безубыточности ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
5.5. Анализ экономической эффективности проведенной реконструкции **Ошибка! Закладка не определена.**
5.6. Срок окупаемости затрат, необходимых для проведения реконструкции **Ошибка! Закладка не определена.**
5.7. Технико-экономические показатели проекта ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
6. Социальная ответственность ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Введение ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
6.1. Техногенная безопасность ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
6.2. Региональная безопасность ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
6.3. Управление экологической безопасностью ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

6.4. Организационные мероприятия обеспечения безопасности ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
6.5. Строительная часть ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
6.6. Особенности законодательного регулирования проектных решений **Ошибка! Закладка не определена.**
6.7. Управление ГО и ЧС и пожарной безопасностью ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Заключение ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Список использованных источников ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Приложение А Удельные нормы расхода материалов ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Введение

Цемент один из главных видов строительных материалов, который по праву называют хлебом строительства, поэтому неудивительно, что потребление его для изготовления бетона и других целей непосредственно растёт во всём мире, а ежегодное производство достигает более одного миллиарда тонн.

По мнению некоторых российских аналитиков, спрос на цемент в России к 2020 году должен вырасти до 97.6 млн. т. Однако по прогнозам крупнейших международных игроков и экспертов компании ЕУ к 2020 году он составит около 89 млн. т при среднегодовом росте рынка примерно на 3 %.

Долгосрочному развитию российского рынка жилья будет способствовать выдвинутая Президентом РФ инициатива по реализации крупномасштабной программы строительства доступного жилья, в рамках которой поставлена задача снижения процентных ставок по ипотечным кредитам с 11,9 % в 2011 году до 2,2 % в 2018 году. Другой целью указанной программы является снижение средней цены жилья на 20 % за счет увеличения предложения массового жилья. Правительство планирует выделить земельные участки под строительство недорогого жилья по регулируемым низким ценам. Согласно указу Президента РФ к 2020 году доступным жильем предполагается обеспечить 60% российских семей.

Только в 2015 году и в последующие 3 года необходимо увеличить темпы строительства жилья до объемов не менее 75 млн. $м^2$ в год построить промышленные объекты, транспортные коммуникации и соответствующую инфраструктуру к ним в Центральном. Приволжском, Северо-Западном, Сибирском, Дальневосточном и других ФО, а также объекты, предусмотренные программой проведения чемпионата мира по футболу в 2018 году. Все это предопределяет необходимость дальнейшего развития строительного комплекса и цементной промышленности как одного из его подразделений. С учетом поставленных задач в 2015 году необходимо выпустить не менее 71 -73 млн. т цемента, экспортировать около 3,0 млн. т

цемента и клинкера и импортировать не менее 2,0 млн. т продукции. Это позволит обеспечить потребление в России 72,0—75,0 млн. т. цемента и дальнейшее поступательное развитие строительного комплекса и всей экономики страны.

Цементная промышленность будет развиваться в следующих направлениях [1]:

- расширение производства специальных вяжущих материалов и увеличение выпуска смешанных цементов;
- широкое использование вторичных сырьевых материалов и горючих отходов в качестве топлива;
- применение технологии ступенчатого сжигания топлива в декарбонизаторе;
- осуществление управления и контроля процессов производства, а также автоматизации лабораторных работ;
- строительство силосных установок с интегрированными смесительными устройствами.

Опыт развития мировой цементной науки и промышленности свидетельствуют о четырех основных направлениях современных разработок по химии и технологии новых и перспективных цементов [2]:

– снижение энергоёмкости и себестоимости портландцемента путём перехода от чисто клинкерных к современным многокомпонентным цементам и совершенствования производства цемента без потери качества продукции;

– повышение и сохранение качества обыкновенного портландцемента при переходе на некондиционное сырьё, на угольное и другое зольное топливо;

– создание новых модификаций портландцемента общестроительного и специального назначений, превосходящих обыкновенные портландцементы в целом и в отдельных областях;

– модернизация существующих технологических линий производства, путем внедрения прогрессивных разработок, позволяющих

увеличить производительность агрегатов и снизить затраты энергоресурсов на выпуск продукции.

Современная цементная промышленность России характеризуется недопустимо высоким уровнем изношенности основных средств, который в среднем по отрасли превышает 70%. Кроме физического износа, подавляющее большинство работающих технологических линий морально устарели, отличаются низкой энергоэффективностью и производительностью, высокими эксплуатационными издержками. Так, около 85% цемента выпускается на заводах, работающих по мокрому способу производства с удельным расходом тепла около 1500–1600 ккал/кг клинкера, в то время как на современных технологических линиях сухого способа производства этот показатель, даже при высоко - влажном сырье, с учетом тепла, необходимого для его сушки, составляет около 800–900 ккал/кг клинкера.

Около 15 лет тому назад помол цемента осуществлялся почти исключительно в шаровых мельницах, работающих в замкнутом цикле с сепаратором, или в более старых установках открытого цикла. Процесс помола цемента является крупнейшим потребителем электроэнергии на цементном заводе. Общее потребление обычно составляет порядка 35 – 45 кВт/т цемента. Сегодня уже внедрены новые технологии, такие, как вертикальные вальцовые мельницы, вальцовые прессы высокого давления и использование роллер-прессов.

Использование валковой дробилки в комплексе с шаровой мельницей, работающей по замкнутому циклу, приблизительно увеличивает эффективность производства в 1,5 – 2 раза выше.

Компания KHD Humboldt Wedag представила энергосберегающую систему измельчения, основную часть которой составляет валковая дробилка и успешная комбинация статистического и динамического сепараторов. Это компактная модульная многофункциональная система измельчения материалов до полуготового и готового продукта. Использование валковой дробилки позволяет уменьшить затраты электроэнергии до 50%. Система

способна работать вполовину производительности, например при проведении технического обслуживания. На практике во многих случаях целесообразно использовать новинку совместно с шаровой мельницей. В настоящее время уже установлены четыре таких системы на Новотроицком цементном заводе, а также заводах «Первомайский» и «Новоросцемент» (все – Россия).

Единственным недостатком данной установки является наличие уязвимых поверхностей вальцов, он чувствителен к размеру, влажности и температуре подаваемого материала.

В настоящей работе представлены результаты реконструкции цементной мельницы №6 цех «Помол», предусматривающее установку валковой установки для предварительного измельчения клинкера.

1. Общая часть

1.1. Общая характеристика завода

История Топкинского цементного завода началась в послевоенном 1946 году. Именно тогда предварительная разведка Соломинского месторождения известняков показала: горная порода пригодна для производства качественного цемента. 20 лет ушло на разработку проектной документации, подготовку и ведение строительных работ. В строй действующих предприятий завод вступил 30 января 1966 года, когда государственная комиссия приняла в эксплуатацию технологическую линию №1. Уже через год была запущена вторая производственная линия, в 1970 году начала работу третья. В 1971-м с вводом четвертой линии годовая мощность завода достигла 2,4 млн. тонн клинкера и 2,7 млн. тонн цемента. В 2010 была запущена пятая печь [3].

Генеральный проектировщик - «Гипроцемент». Проектная мощность завода 3,7 тыс. тонн цемента в год.

В сегодняшнее время ООО «Топкинский цемент» входит в структуру ОАО «Холдинговая Компания «Сибирский цемент», с Управляющей компанией в г. Кемерово.

ООО «Топкинский цемент» осуществляет выпуск цемента с полным циклом, т.е. от добычи сырья до отгрузки.

Способ производства цемента – мокрый.

Сырьевой базой для производства цемента является:

Соломинское месторождение известняков и глин, где соответственно добываются:

- известняк;
- глина.

Корректирующие добавки:

- трифолин;
- шлак железосодержащий;
- антрацит (выгорающая добавка).

Минерализатор:

- руда флюоритовая

Минеральные добавки (активные):

- шлак доменный гранулированный.

Водоснабжение:

- технологическая вода – система водоотлива карьера;
- питьевая вода – артезианская скважина №143 Д, ООО «Топкинский водоканал».

Производственная структура – цеховая:

- Основные производственные подразделения: цех «Горный», цех «Дробильный», цех «Сырьевой», цех «Обжиг», цех «Помол», цех «Готовая продукция».
- Вспомогательные подразделения: цех «Транспортный», цех «Лаборатория и ОТК», цех «КИПиА», цех технического обслуживания и ремонта оборудования, цех «Автотракторный», Складское хозяйство, «Пароводоцех», «Электроцех», Газовая служба.

Цех «Горный» (в карьере) добывает известняк и глину, с помощью горного оборудования: экскаваторы: ЭКГ-5А, ЭКГ-8И, ЕК-400, LIEBHERR, буровой станок D245S DRILTECH.

Цех «Дробильный», осуществляет дробление известняка, на оборудовании: две щековые дробилки размером зева 1400×1800, две молотковые дробилки марки СМД – 97А с системой конвейеров.

Цех «Сырьевой» осуществляет производство шламов (высокотитрованного, корректирующих) с использованием оборудования: три грейферных крана, девять шаровых мельниц, в том числе пять из них 3,0×14 и четыре 3,2×15.

В состав цеха «Сырьевой» входит отделение «Гидрофол» для переработки закарстованного сырья и корректирующих добавок. Оборудование отделения «Гидрофол»: экскаватор ЭКГ – 4У, две мельницы

самоизмельчения и две шаровые мельницы домола. ГШБ и ВШБ для приготовления и хранения шлама.

Цех «Обжиг» осуществляет производство клинкера пятью вращающимися печами размером 5х185, также в цехе установлены электрофильтры (УГ-3-4х88, ПГД-4х50, ELEX AG NTF 3429 B3х50) и клинкерные холодильники (Волга 75-СА, Волга КС-75, ETA-746).

Цех «Помол» производит цемент на девяти цементных мельницах. Размеры цементных мельниц: 3,2х15 (мельницы № 6,8,9 замкнутого цикла с сепараторами, мельницы № 1-5,7 открытого цикла). После помола цемент пневмокамерными насосами транспортируется в 12 цементных силосов.

В состав цеха «Помол» входит Шлакосушильное отделение с двумя шлакосушильными барабанами 3,5х27.

Цех «Готовая продукция» осуществляет отгрузку готового продукта – цемента.

Добыча сырья, производство полуфабрикатов и готового продукта осуществляется согласно требованиям Технологического регламента (комплект документов на технологический процесс производства цемента) ТР 53086734-1.1-13.

Технологический регламент включает:

- технологическую схему производства;
- нормы расхода сырья, добавок и минерализатора на тонну клинкера;
- нормы расхода клинкера, активных минеральных добавок и камня гипсового и гипсоангидритового на тонну цемента;
- норму расхода газообразного топлива на обжиг тонны клинкера.
- характеристики установленного оборудования и режимов его работы;
- технические требования к сырью, полуфабрикатам и готовому продукту;
- этапы контроля технологических процессов.

Среди регионов потребителями Топкинского цемента являются: Кемеровская; Тюменская; Новосибирская; Омская область; Алтайском край; Казахстан и т.д.. Потребителями тампонажного цемента – являются нефти и газодобывающие предприятия, расположенные в Томской и Тюменской областях.

1.2. Технико-экономическое обоснование реконструкции цеха «Помол»

В данной дипломной работе в качестве обоснования, которое показывает рост эффективности помола цемента, улучшения качества выпускаемой продукции, увеличение выработки и снижение затрат энергоресурсов рассмотрена работа цементной мельницы №6 по замкнутому циклу с установленным валковой дробилкой на участке между бункером клинкера и весовым дозатором.

По итогам работы последних лет проглядывается тенденция роста спроса на высокомарочный цемент (ПЦ-500) с высокой удельной поверхностью, в том числе и тампонажный (ПЦТ I-50; ПЦТ I-50) с $S_{уд} \leq 3500$. Для этого возникла потребность в наращивании мощности путем увеличения часовой производительности цементных мельниц, работающих по замкнутому циклу. Из имеющегося парка трех цементных мельниц, работающих по замкнутому циклу (8, 9 и 6 цементные мельницы) выбрана шестая.

2. Технологическая часть

2.1. Физико-химические основы помола цемента

Существует ряд теорий, объясняющих затраты энергии на измельчение твердых тел [5].

Согласно «поверхностной» теории Реттингера работа (А), затраченная на измельчение, прямо пропорциональна вновь образованной поверхности измельчаемого материала (ΔS). В общем виде закон Реттингера выражается уравнением:

$$A = Kr \cdot \Delta S \quad (2.1)$$

где $К_г$ – константа измельчения.

Согласно «объемной» теории Кирпичева-Кика работа пропорциональна объемам (V) или массе измельчаемого материала:

$$A = Kк \cdot V \quad (2.2)$$

П.А. Ребиндером предложено обобщающее уравнение, по которому работа разрушения твердого тела складывается из работы упругих и пластических деформаций в объеме тела (V) и пропорциональна этому объему (К·V), а также из работы, затрачиваемой на образование свободной поверхностной энергии на вновь созданной поверхности ($\delta \cdot \Delta S$). Суммарная работа разрушения:

$$A = \delta \cdot \Delta S + K \cdot V \quad (2.3)$$

Работу измельчения можно выразить и через размер измельчаемых частиц (d):

По Кирпичеву-Кику $A = К_к \times d^3$,

По Реттингеру $A = К_R \times d^2$;

По Бонду $A = К_R \times d^{2,5}$.

Ни одного из предложенных уравнений для определения работы, затрачиваемой на измельчение, не дает ее абсолютного значения. Их можно

использовать для качественной оценки энергозатрат на измельчение в зависимости от дисперсности продукта.

2.2. Кинетика тонкого измельчения материалов

Эффективность процесса измельчения, его технологические показатели наряду со способами и режимами измельчения в значительной мере определяются физико-технологическими и физико-химическими свойствами измельчаемых материалов. К ним относятся: фазовый состав и кристаллическая структура; твердость, хрупкость, прочность, плотность; крупность, гранулометрический состав. Почти все эти характеристики в большей или меньшей степени влияют на эффективность процесса измельчения [5].

Наиболее полной характеристикой материала как объекта измельчения является кинетика измельчения, под которой понимают измельчение дисперсности во времени, и в зависимости от количества энергии, подводимой к измельчаемому материалу.

Зависимость содержания крупной фракции (остатка на сите R_t) от продолжительности измельчения (t) описывается уравнением В. В. Товарова:

$$R_t = R_0 e^{-km}$$

(2.2.1)

Или

$$R_t = R_0 e^{-(t/t_0)m}$$

(2.2.2)

где R_t, R_o – содержание крупной фракции в исходном и конечном (к моменту времени t) продукте;

m – параметр, учитывающий изменение свойств материала при измельчении;

k – сопротивление размолу;

t_o – параметры уравнений, определяющие характер зависимости;

t – продолжительность измельчения, мин.

Из анализа кинетики измельчения вытекает, что для поддержания допустимой для данного сечения мельницы скорости измельчения из мельницы следует сразу же выводить готовый продукт. Если этого не делать, то накопление в мельнице тонкого продукта снижает концентрацию крупных частиц и скорость измельчения, которая пропорциональна концентрации зерен крупного класса. Частичный вывод из мельницы готового продукта возможен при ее работе в замкнутом цикле с системой циклонов.

Для получения портландцемента клинкер подвергают помолу совместно с гипсовым камнем (3-5%), и гидравлическими или инертными добавками, которые перед помолом высушивают. Помол клинкера является важным технологическим процессом, одним из наиболее энергоемких в цементном производстве.

Именно помол, освобождая поверхности, необходимые для гидратации клинкера, придает конечному продукту способность реагировать с водой, которая обеспечивает активность, интенсивность нарастания прочности. Многие свойства цемента зависят не только от фазового и химического состава клинкера, но и от тонкости помола.

2.3. Теоретические основы процесса измельчения клинкера

Цементный порошок весьма неоднороден по своему гранулометрическому составу, более того степенью неоднородности во многом определяются его физико-технические свойства, в частности равномерность твердения, прочность на разных сроках твердения и т.д. Разные фракции цементного порошка оказывают влияние на прочность цемента, изменяют его водопотребность, пластичность цементного теста, и, наконец, скорость твердения. Активность цемента можно характеризовать не только по удельной поверхности порошка, но и по зерновому составу. Так, А. Н. Иванов-Городов полагает, что равномерное и быстрое твердение цемента достигается при следующих зерновых составах: зерен мельче 5 мкм — не

более 20 %, зерен размерами 5-20 мкм — около 40-45 %, зерен размерами 20-40 мкм — 20-25 %, а зерен крупнее 40 мкм — 15-20 %.

Частицы размерами 0-5 мкм оказывают решающее влияние на рост прочности цементного камня в первые часы твердения. Именно от частиц этого размера напрямую зависят сроки начального схватывания портландцемента. Частицы размером 5-10 мкм влияют на прочность цементного камня в 3-7 суточном возрасте, а фракция 10-20 мкм определяет прочность в 28 суточном и более позднем возрасте.

Изменение гранулометрического состава цементного порошка в шаровой мельниц а наглядно продемонстрированы на гистограмме Рисунок 2.3.1 [6].

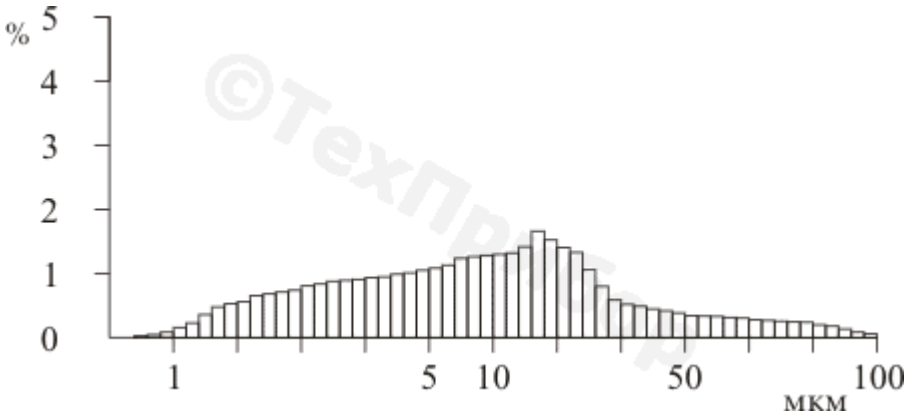


Рисунок 2.3.1.– Гистограмма. Количество частиц данного размера порошка, измельченного на шаровой вибрационной мельнице

Как видно главное отличие порошка полученного на шаровой мельнице - это процентное отношение основных фракций. Материал, помол которого производился на шаровой мельнице, характеризуется относительно большим количеством тонких частиц размерами менее 5мкм, и высоким содержанием крупных зерен размерами более 40 мкм.

Таким образом, для повышения активности портландцемента, либо обеспечения возможности регулирования прочности бетонных изделий в разные сроки твердения, достаточно увеличить долю частиц определенного размера в общей массе цементного порошка.

2.4. Работа шаровой загрузки в трубных мельницах

Работа измельчения в барабанных мельницах производится ***шаровой загрузкой***— мелющей (дробящей) средой. При вращении барабана мелющая загрузка за счет сил трения смещается вместе с корпусом барабана вверх.

Различают каскадный и водопадный (катарактный) ***режимы движения шаровой загрузки*** (Рисунок 2.4.1). При каскадном центр тяжести шаровой загрузки смещается на 35—40° и шары, поднимаясь с барабаном на некоторую высоту, скатываются по «зеркалу» загрузки. В загрузке можно выделить три зоны — шары, движущиеся с барабаном, сыпучую среду — скатывающиеся шары и «мертвую» зону (в центре дробящей загрузки имеется область, в которой мелющие тела практически не перемещаются и в измельчении практически не участвуют). В слоях шаров, поднимающихся вместе с барабаном, из-за слабого их смещения относительно друг друга измельчение протекает малоинтенсивно. Наиболее интенсивно измельчается материал в зоне скатывающихся шаров (в зоне сыпучей среды). Измельчение при каскадном режиме осуществляется главным образом за счет истирания и частично раздавливания [6].

При водопадном режиме шары поднимаются на большую высоту, а затем переходят в свободный полет и измельчение происходит главным образом за счет ударов падающих шаров. Кроме того, при водопадном режиме материал измельчается также раздавливанием и истиранием поднимающихся шаров. Однако почти половина шаровой загрузки в центре контура дробящей среды неподвижна и эффективно не используется [6].

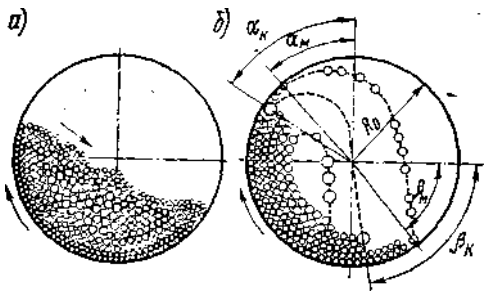


Рисунок 2.4.1 - Изменение высоты подъема шаров вращении мельницы (механика мелющей среды): *а* — при каскадном режиме; б — при

водопадном режиме; $a_к$ — угол отрыва крупных шаров; $a_м$ — угол отрыва-мелких шаров; $f_н$ — угол падения крупных шаров; $Р_м$ — угол падения мелких шаров.

Обычно в камерах осуществляются смешанные режимы: водопадно-каскадный или каскадно-водопадный. Это зависит от скорости вращения цементной мельницы. Мелющие тела при обычных скоростях вращения мельницы движутся - по водопадному режиму около 55% времени цикла по окружности и 45% времени цикла находятся в полете по параболической траектории.

При работе мельницы наблюдается ***сепарация мелющих тел по длине мельницы*** (камеры). Сепарация мелющих тел происходит как по сечению мелющей среды, так и по длине мельницы.

Чем крупнее шар, тем больше угол его отрыва и больше угол падения. Из-за этого крупные шары будут падать ближе к центральной части барабана, а мелкие скапливаться у периферии дробящей среды. В результате при каскадном режиме крупные шары сосредотачиваются в мертвой зоне, а при водопадном — ближе к «зеркалу» загрузки. При каскадном режиме крупные шары практически не будут участвовать в работе, но создают статическую нагрузку на слой мелких шаров. При водопадном, если не предотвратить сепарацию, крупные шары движутся по траекториям (в полете) с малыми радиусами, а мелкие шары имеют наибольшую высоту падения. В результате сепарации мелющих тел энергия, затрачиваемая на вращение мельницы, будет использоваться недостаточно эффективно.

Сепарация наблюдается и по длине мельницы, поскольку высота слоя материала в начале мельницы (камеры) выше, чем при выходе из мельницы (камеры). Это приводит к скатыванию шаров по откосу. При скатывании мелкие шары проваливаются между крупными и скапливаются в начале мельницы (камеры), а крупные шары — в конце мельницы. Это также приводит к снижению эффективности использования затрачиваемой энергии на движение мелющей загрузки, так как крупные шары должны быть сосредоточены в начале мельницы (камеры) для измельчения крупного материала. Кроме того, скапливание мелких шаров в начале камеры снижает

эффективность работы шаровой загрузки, так как более тонкое измельчение осуществляется истиранием за счет движения мелких шаров, которые должны находиться в конце камеры.

Разработаны меры борьбы с сепарацией мелющих тел. У трубных мельниц с классифицирующей бронефутеровкой мельница разбивается на кольца, профиль которых имеет уклон в 5—10° в сторону загрузки. Применение таких плит позволило отказаться от установки перегородки между второй и третьей камерами и мельница превратилась в двухкамерную, причем в первую камеру устанавливают обычную цилиндрическую футеровку, а во вторую — классифицирующую футеровку, обеспечивающую уменьшение диаметра шаров по ходу движения материала. Сортирующие броневые плиты повышают производительность мельницы на 5—7%.

Правильно подобранный профиль футеровки позволяет предотвратить скольжение, что важно для первых камер с водопадным режимом. Для каскадного режима проскальзывание слоев шаров относительно друг друга увеличивает измельчение истиранием и раздавливанием. Следовательно, специальные профили нужны в первой камере, во второй же (где каскадный режим) приемлема и гладкая футеровка. Установка бронеплиты с двухволновым профилем в первой камере позволяет снизить коэффициент заполнения ф до 0,20—0,22 и уменьшить энергозатраты на 5—10%.

Обычно технолог получает в эксплуатацию мельничный агрегат с фиксируемой и нерегулируемой частотой вращения и имеет возможность влиять на процесс, меняя коэффициент заполнения, ассортимент мелющих тел, профиль футеровки. Величина ***коэффициента заполнения (ф)*** связана с тонкостью помола.

Достигаемая в мельницах тонкость измельчения связана также с соотношением $G_m l G_M$. Чем выше это соотношение, тем более тонкий продукт выдает мельница. При этом производительность падает. Достигаемая тонкость измельчения связана также с величиной «плотности» передаваемой материалу энергии, которая растет с увеличением диаметра мельницы и массы шара. Однако параллельно усиливаются агрегация частиц и налипание материала на пары, в связи с чем начиная с диаметра

более 2,8—3,0м мельницы должны работать в замкнутом цикле, при котором тонкие фракции материала отсеваются в сепараторе.

Укрупнение шаров и замена цильбепса шарами малых диаметров приводит при открытом цикле к получению цемента «широкого» состава по гранулометрии. Уменьшение размера шаров до минимальных величин позволяет получить цемент более узкого по гранулометрии состава. Таким образом, технолог, подбирая состав мелющей загрузки и величины в различных камерах, может влиять на строительно-технические свойства цемента.

При пуске новой установки или изменении технологических параметров действующей установки (по питанию или по готовому продукту) необходимо определить оптимальный состав шаровой загрузки. Для этого снимают «диаграмму помола» (рисунок 2.4.1)

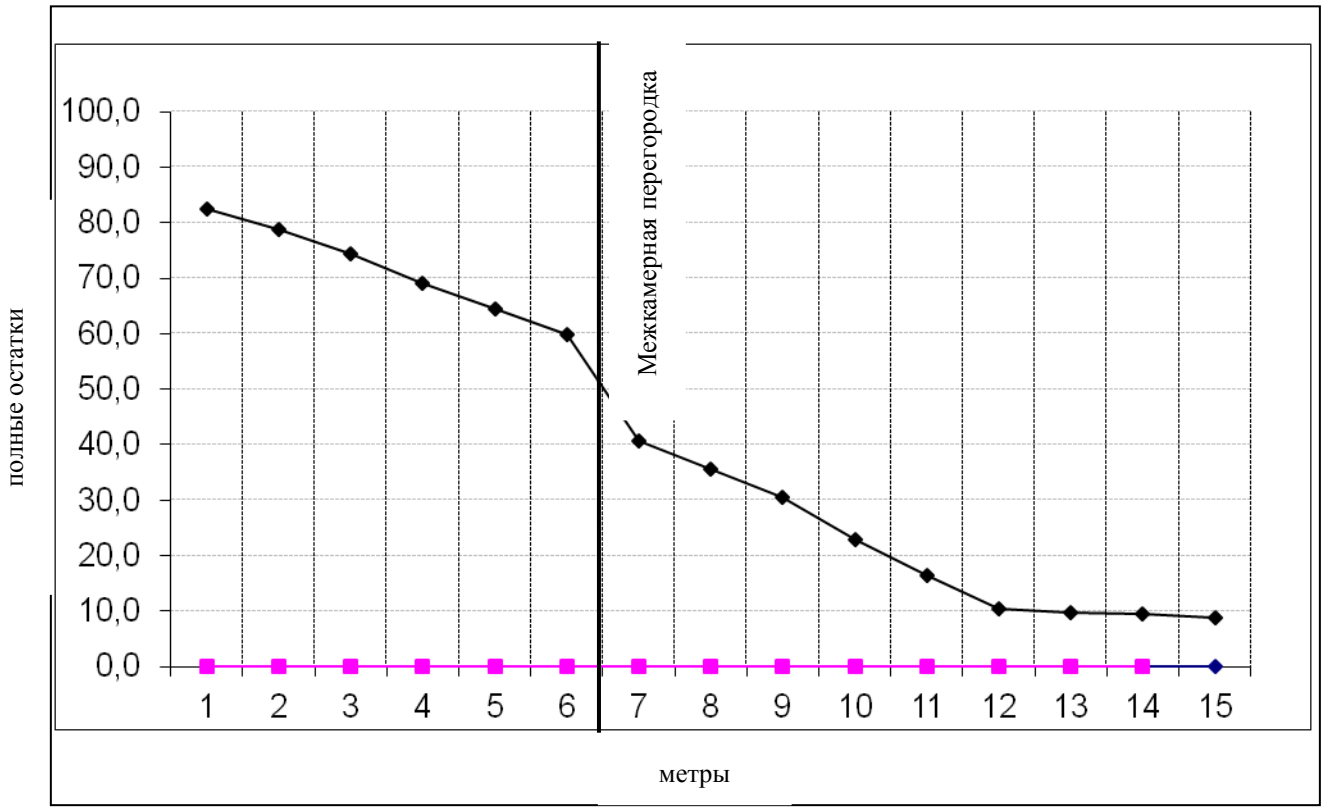


Рисунок 2.4.1 – Диаграмма помола цементной мельницы №6

Диаграмма помола — график, характеризующий изменение гранулометрии материала по длине мельницы. Он составляется на основе ситового анализа материала, отбираемого по длине мельницы.

2.5. Принципы селективного измельчения цементного зерна

Одним из эффективных методов повышения тонкости помола цементного клинкера при одновременном снижении затрат энергии есть своевременное удаление частиц готового материала из шаровой мельницы, которая является основным помольным агрегатом, т.е. осуществление измельчения а замкнутом цикле.

Для того чтобы реализовать технологию выборочного или иначе селективного измельчения в работах по активации портландцемента, используют первичную и вторичную классификацию.

Первичная классификация портландцемента позволяет выделить из основной массы цементного порошка от 30 до 60 % частиц, дальнейшее измельчение которых не только экономически нецелесообразно, но и вредно по причине их переизмельчения. Удаление «балластной» фракции из основной массы активируемого цемента позволяет снизить требования к размольной мощности агрегатов измельчения и использовать измельчительное оборудование, производительность которых по помолу ниже, чем общая производительности технологической линии активации портландцемента, что было совершенно не возможно при старых схемах активации.

При дополнительном помоле высокодисперсных порошков на шаровой мельнице, «товарная» фракция, представленная частицами среднего диапазона размеров в результате переизмельчения переходит в мелкую фракцию, содержащую тонкие частицы, в то время как процентное содержание в порошке частиц крупной фракции в процессе помола изменяется достаточно медленно.

При работе в полностью замкнутом цикле обеспечивается как контроль тонкости готового продукта, так и повышение производительности мельницы. При частично замкнутом цикле нагрузка первой камеры регулируется настройкой сепаратора, а нагрузка второй камеры — изменением производительности питателя, причем увеличение питания может вызвать перегрузку только второй камеры мельницы, а не первой, так

как масса материала, передаваемого из сепаратора во вторую камеру, зависит главным образом от количества питания и в меньшей степени от количества крупки, возвращаемой в первую камеру. Последнее позволяет легко регулировать работу установки.

При этом опять же немаловажную роль при работе цементной мельницы по замкнутому цикля играет аспирация. Установлено, что рациональным скоростным режимом воздуха в барабане шаровой мельницы замкнутого цикла измельчения является режим при $0,7<V<0,75$ м/с; в связи с возрастанием крупности измельчаемого материала соотношение длин камеры тонкого измельчения к камере грубого помола должно быть в пределах $1,15 < к < 1,25$.

2.6. Предварительное дробление перед мельницей

Производительность барабанных мельниц в значительной степени определяется крупностью питания. Оценка показала, что рационально питание мельниц крупкой клинкера с максимальной крупностью 3—5 мм. Подача в мельницу материала такой крупности позволяет повысить производительность установки на 20— 40% или тонкость готового продукта на 100—120 $м^2$/кг при сохранении производительности мельницы. Получать материал нужной крупности можно, используя скоростные молотковые дробилки, короткие шаровые мельницы больших диаметров, стержневые мельницы, мельницы без мелющих тел.

Применение высокоскоростных дробилок (с окружной скоростью 35—45 м/с) ударного действия при измельчении клинкера до удельной поверхности в 40—60 $м^2$/кг дает ощутимую экономию энергии. Однако их использование затруднено быстрым износом измельчающих элементов. Создан ряд типов дробилок с высокой абразивной устойчивостью рабочих органов и легкой заменой изнашивающихся деталей. При питании мельниц материалом размером в 10—15мм могут быть использованы конусные и валковые дробилки [6].

2.7. Влияние других факторов при помоле клинкера

Немаловажными критериями при помоле клинкера являются:

- Геометрические размеры трубной мельницы. Важное свойство при работе по замкнутому или открытому циклу, связанное с необходимым временем нахождения измельчаемого материала, обеспечивающим нужную, тонкость помола.

- Температура клинкера. Влияет на производительность мельниц, увеличивая износ брони и мелющих тел. Помол горячего клинкера может привести к дегидратации двуводного гипса, и мельница при этом выдаст «ложный быстряк».

- Ввод гипса в нормированных значениях, для регулирования сроков схватывания и интенсивности твердения.

- Аспирация — вентиляция мельничного пространства прососом воздуха. Происходит своевременное удаление из зоны помола частиц, достигших требуемой тонины, обеспечивает повышение эффективности измельчения, предотвращается налипание материала на мелющие тела и падение производительности мельниц. С аспирационным воздухом удаляется до 100—300 г готового продукта на 1 $м^3$ воздуха.

- Интенсификация помола. При тонком измельчении клинкера начиная с некоторой тонкости материала, нарушается пропорциональность между затрачиваемой энергией и приростом новой поверхности вследствие агрегации мельчайших частиц. Одной из причин агрегирования частиц является их электризация. Агломерацию тонких частиц можно уменьшить, увеличив электропроводность воздушной среды в мельнице. Для этого в мельницу вводят с распыляющей водой электролиты или органические кислоты. Значительную роль в интенсификации измельчения играют ПАВ. В качестве ПАВ при измельчении клинкера используют препараты на основе: а) аминов — триэтаноламин, ацетилированны этаноламинацетат; иногда эти вещества смешивают в определенно пропорции с растворимой кальциевой солью лигносульфоновой кислоты; б) гликолей — этиленгликоля, пропиленгликоля, полигликолей.

2.8. Описание технологической линии помола цемента

Работа технологической линии замкнутого цикла цементной мельницы №6 (рис. 2.8.1) с агрегатом предварительного измельчения клинкера заключается в следующем:

Загрузка мельниц будет осуществляется с помощью имеющихся гипсового и клинкерного бункеров, взвешивания и загрузки. Клинкер из бункера поступает в валковую дробилку и проходить стадию предварительного измельчения перед мельницей. Измельченный клинкер далее поступает на весовой дозатор, в сбросную течку и далее в желоб мельнице. Гипс поступает непосредственно на весовой дозатор, в сбросную течку и далее в желоб. Загрузка мельниц происходит с помощью входного желоба, который обеспечивает достаточную воздушную аэрацию мельницы.

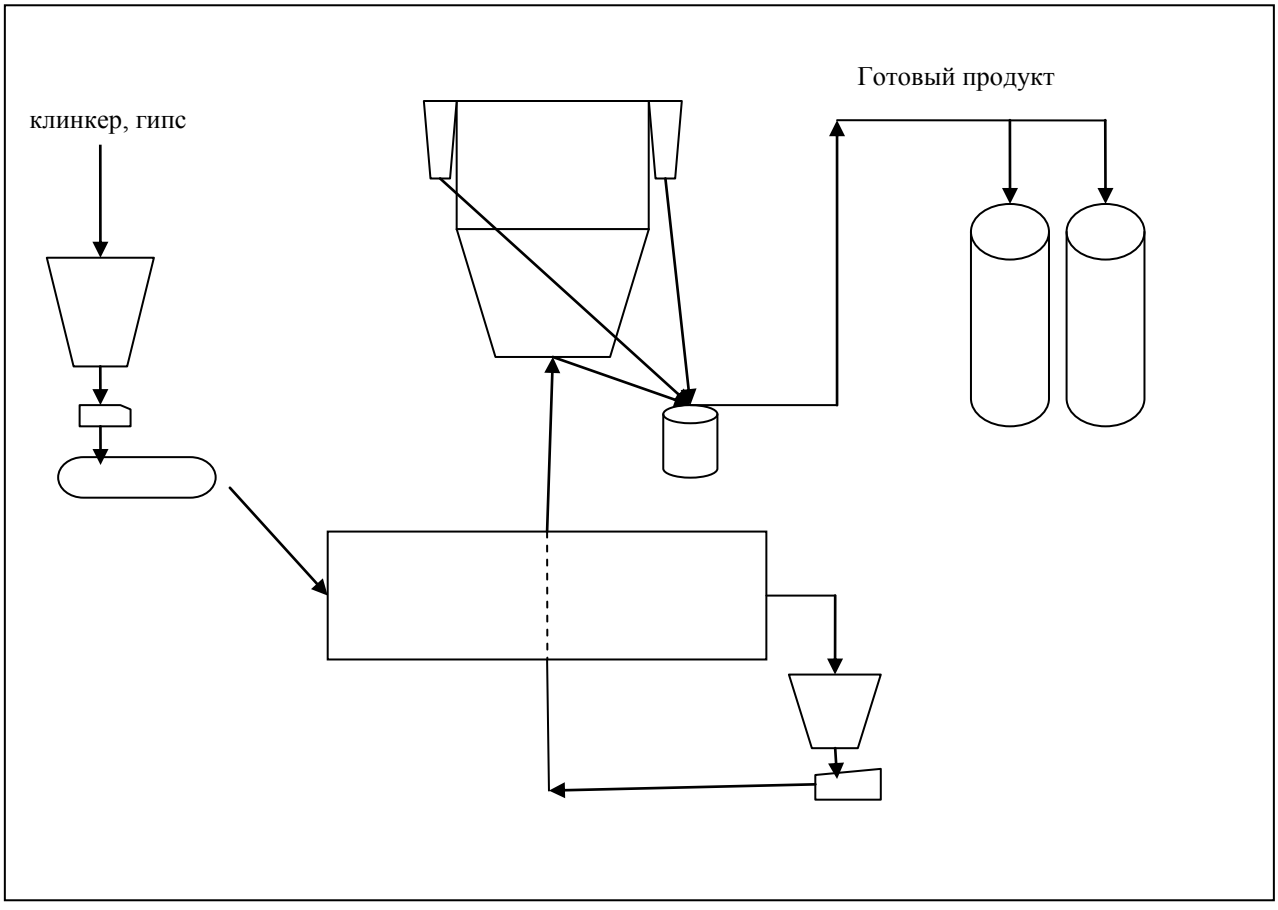


Рисунок 2.8.1 Технологическая линия помола цемента

Пройдя две стадии помола в мельнице (первая и вторая камера) материал подается в приемный бункер и далее пневмовинтовым насосом подается на сепаратор. Из рассеивающей камеры подаваемый материал

поступает снизу в зону сепарации, в которой он вращается с большой скоростью. Снаружи тангенциально к зоне сепарации вводится необходимый сепарирующий воздух. В зоне сепарации происходит отделение грубых и тонких частиц благодаря созданному равновесию между центробежной силой и силой потока. Материал разбрасывается в большой рассеивающей камере. Агломерат и крупные частицы с прилипшим тонкоизмельченным материалом отбрасываются к стенке. Здесь крупный материал отделяется, а тонкоизмельченный материал и подхватывается воздушным потоком

Грубый материал через зону сепарации попадает в разгрузочный конус. Материал тонкого помола с сепарирующим воздухом попадает во вращающуюся корзину и выгружается через разгрузочный трубопровод. Разгрузочные трубы собраны из отдельных элементов. Далее мелкоизмельченный материал должен быть отделен от транспортирующего воздуха. Это происходит в циклонах. Уловленный в цемент системой шнеков подается в бункер пневмокамерного насоса и транспортируется в цементные силосы.

2.9. Обоснование выбора, краткая характеристика валковой дробилки

В валковых дробилках дробимый материал разрушается под действием механического воздействия, при котором кинетическая энергия движущихся тел полностью или частично переходит в энергию деформации и разрушения.

Рабочим органом валковой дробилки являются вращающиеся цилиндрические валки. Клинкер подается сверху, затягивается между валками и дробится [6].

Основная конструктивная схема валковой дробилки приведена на рисунке 2.8.2.

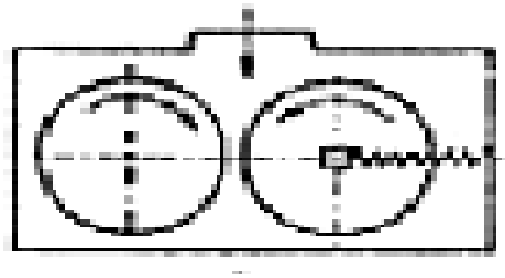


Рисунок 2.8.2. – конструктивная схема валковой дробилки

Валки вращаются навстречу один другому, захватывают и дробят попавший между ними клинкер, раздавливая его и частично истирая. Иногда для увеличения истирающего эффекта валкам сообщают разную окружную скорость.

Корпуса подшипников вала одного из валков опираются на пружины и могут перемещаться. В результате этого при попадании недробимого предмета один валок может отойти от другого и пропустить недробимый предмет, после чего под действием пружин возвратиться в исходное положение.

Производительность валковой дробилки определяется следующим способом:

$$Q = \frac{d' \cdot L \cdot \pi Dn \cdot 3600\mu}{60} = 188{,}4 \cdot d'LDn\mu$$, м^3/час,

где D – диаметр вальцов, м;

d' - ширина зазора между вальцами, м;

L – длина вальцов, м;

n – число оборотов вальцов в 1 мин;

μ – коэффициент использования поверхности вальцов и разрыхление материалов. Для твердых материалов μ = 0,2-0,3, для влажных мягких материалов (глин) μ = 0,5-0,6.

Число оборотов валков.

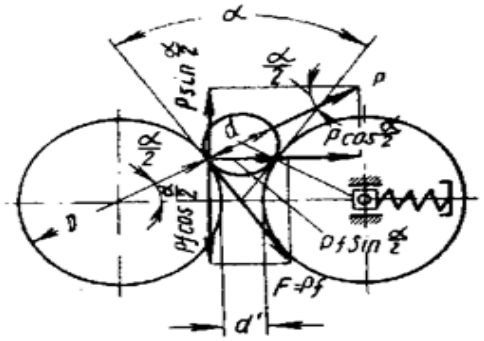
Определяется по формуле проф. Левенсона $n \le 616\sqrt{\frac{f}{\gamma \cdot d \cdot D}}$, об/мин

Причем D и d, см γ – плотность материала, кг/м^3.

Потребляемая мощность зависит в первую очередь от твердости дробимого материала и ширины зазора между валками.

Основные параметры работы валковой дробилки

Угол захвата. Это угол α образованный касательными, проведенными через точки соприкосновения куска материала с поверхностями валков. В момент захвата куска материала диаметром d в точках соприкосновения его с валками возникают силы нормального давления P, действующие на материал под углом α/2.



Сила P раскладывается на составляющие: горизонтальную $P \cdot \cos\frac{\alpha}{2}$ и вертикальную $P \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$. Сила $2P \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$, действующая от двух вальцов направлена вверх и стремится вытолкнуть материал.

С другой стороны в местах соприкосновения материала с вальцами возникает сила трения $F = P \cdot f$ (f – коэффициент трения), направленная вниз под прямым углом к силе нормального давления. Силу трения также раскладываем на две составляющие – горизонтальную $P \cdot f \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$ и вертикальную $P \cdot f \cos\frac{\alpha}{2}$. Сила $2P \cdot f \cos\frac{\alpha}{2}$, действующая от двух вальцов, стремится втянуть материал в щель между ними.

Для захвата материала необходимо, чтобы выталкивающие силы были меньше сил втягивающих, то есть $2P\sin\frac{\alpha}{2} \le 2Pf\cos\frac{\alpha}{2}$.

Разделив обе части на $2P \cdot \cos\frac{\alpha}{2}$, получаем $tg\frac{\alpha}{2} \le f$, $f = tg\varphi$.

Следовательно $tg\frac{\alpha}{2} \le tg\varphi$, $\frac{\alpha}{2} \le \varphi$, $\alpha \le 2\varphi$

Следовательно, для нормальной работы вальцов необходимо, чтобы угол захвата был меньше или равен двойного угла трения.

Соотношение между диаметрами валков и кусков материала.

$D = (18\text{-}22)d$

$$d = \frac{1}{18 \div 22} D$$

Валковые дробилки отличаются следующими технико-эксплуатационными преимуществами: высокой степенью дробления, что позволяет сократить число стадий дробления; высокой удельной производительностью (на единицу массы машины); простотой конструкции и удобством обслуживания; избирательностью дробления и более высоким качеством готового продукта по форме зерен.

В валковых дробилках дробление осуществляется благодаря кинетической энергии валков. Особенности этих машин определяются конструкцией волка и поэтому они названы валковыми.

Валковое дробильное оборудование отличается простой структурой, компактным размером, надежной работой и удобным обслуживанием и т.д.

Для регулирования крупности готового продукта в валковых дробилках используют регулировочные механизмы, позволяющие изменять расстояние между валками. Готовая продукция отличается одинаковым размером. Процесс дробления является завершающей стадией.